

Projekt optimalizace výrobního procesu – montáž

Bc. Tomáš Lunda

Diplomová práce
2022



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Tomáš Lunda
Osobní číslo: T20038
Studijní program: N0788A270002 Výrobní inženýrství
Specializace: Stroje a nástroje pro zpracování polymerů a kompozitů
Forma studia: Kombinovaná
Téma práce: Projekt optimalizace výrobního procesu – montáž

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část:

- Technologie montáže
- Optimalizační metody výrobních procesů
- Statistické nástroje a metody studia práce

II. Praktická část:

- Popsání výchozí situace
- Identifikace potenciálů ke zlepšení
- Rozpracování konceptu optimalizace
- Implementace
- Diskuze

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

SVOZILOVÁ, Alena. Zlepšování podnikových procesů. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3938-0.

JUROVÁ, Marie. Výrobní a logistické procesy v podnikání. Praha: Grada Publishing, 2016. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-5717-9.

TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci. Praha: Grada, 2014. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4486-5.

BUDÍKOVÁ, Marie, Maria KRÁLOVÁ a Bohumil MAROŠ. Průvodce základními statistickými metodami. Praha: Grada, 2010. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3243-5.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Ondřej Bílek, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce: **3. ledna 2022**
Termín odevzdání diplomové práce: **13. května 2022**

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D. v.r.
děkan

L.S.

prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D. v.r.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 18. února 2022

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Diplomová práce se věnuje optimalizaci výrobního procesu montáže hydraulického válce s cílem zefektivnění celého procesu. Práce je rozdělena do teoretické části popisující druhy montáže, možnosti optimalizace výroby nebo i celého podniku. Teoretická část je doplněna praktickou částí, která srovnává původní montážní linku a novou montážní linku, která byla nedílnou součástí optimalizace.

Klíčová slova: montáž, optimalizace, proces, výrobní linka, hydraulický válec

ABSTRACT

Master thesis is focused on the optimization of the production process of hydraulic cylinder assembly with the aim of making the whole process more efficient. The thesis is divided into theoretical part describing types of assembly, possibilities of optimization of production or the whole enterprise. The theoretical part is complemented by a practical part that compares the original assembly line and the new assembly line, which was an integral part of the optimization.

Keywords: Assembly, Optimization, Process, Production Line, Hydraulic Cylinder

Tímto bych rád poděkoval svému vedoucímu doc. Ing. Ondřeji Bílkovi, Ph.D. za věcné připomínky a konzultace. Také bych rád poděkoval paní Ing. Petře Hámorové za čas, který mi věnovala během konzultací a za cenné rady.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 CHARAKTERISTIKA VÝROBNÍHO PROCESU MONTÁŽE	11
2 METODY ANALÝZY A OPTIMALIZACE PROCESŮ	20
2.1 ŠTÍHLÁ VÝROBA	20
2.1.1 Just in Time (JIT)	22
2.1.2 Metoda 5S	22
2.1.3 Jidoka	23
2.1.4 DFMA	23
2.1.5 Six Sigma	25
2.1.6 DMAIC	26
2.1.7 3 Mu – Muda, Mura, Muri	27
2.1.8 Kaizen	29
2.1.9 Kanban	30
2.1.10 Value Stream Mapping (VSM)	32
2.1.11 Single Minute Exchange of Die (SMED)	33
2.1.12 Total Productive Maintenance (TPM)	35
2.1.13 Heijunka	36
2.2 OPTIMALIZACE VÝROBNÍHO PROCESU	36
2.3 RACIONALIZACE.....	37
3 SHRUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI	40
II PRAKTICKÁ ČÁST	41
4 CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI	42
5 OPTIMALIZOVANÁ SOUČÁST	43
6 ANALÝZA PŮVODNÍ MONTÁŽNÍ LINKY	44
6.1 LAYOUT MONTÁŽNÍ LINKY	44
6.1.1 Analýza jednotlivých pracovišť na lince.....	45
6.2 MONTÁŽNÍ POSTUP HYDRAULICKÉHO VÁLCE	46
7 NAVRHOVANÁ NOVÁ PRACOVIŠTĚ MONTÁŽNÍ LINKY	51
7.1 LAYOUT NOVÉ MONTÁŽNÍ LINKY	51
7.2 MODELOVÝ NÁVRH CELÉ LINKY.....	51
7.3 PRACOVIŠTĚ 01 A 03	53
7.3.1 Montážní přípravky	56
7.3.2 Montážní postup pístu	57
7.3.3 Montážní postup příruby	59
7.4 PRACOVIŠTĚ 02 A 04	61
7.4.1 Montážní přípravky	63
7.4.2 Montážní postup válce	64

7.4.3	Montážní postup hydraulického válce	66
7.4.4	Analýza předpokládaných výsledků montážní linky	68
7.5	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ NÁVRHU	69
7.5.1	Zhodnocení nákladů na optimalizaci	69
7.5.2	Ziskovost montážní linky	70
7.5.3	Návratnost montážní linky	70
8	POROVNÁNÍ PŮVODNÍ A OPTIMALIZOVANÉ MONTÁŽNÍ LINKY	71
8.1	ERGONOMIE PRACOVÍŠŤ	71
	ZÁVĚR	72
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	73
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	76
	SEZNAM OBRÁZKŮ	77
	SEZNAM TABULEK	79
	SEZNAM PŘÍLOH	80

ÚVOD

Jedním z největších průkopníků montážních linek se stal Henry Ford. Díky němu se změnilo prostředí hromadné výroby, protože přesně 1.12.1913 spustil svoji první pohyblivou linku, na níž vyráběl celý automobil. Čas, který potřeboval k výrobě jednoho auta byl zkrácen z více než 12 hodin na pouhé 2 hodiny a 30 minut. Tímto činem otevřel světovému průmyslu zcela novou dimenzi výroby, která se do dnešního dne neustále zdokonaluje.

Dalším důležitým bodem, který výrazně ovlivňuje i dnešní výrobní průmysl, je metoda efektivní výroby, tzv. štíhlá výroba (Lean Manufacturing), při které lze vyrábět bez zbytečných ztrát. Tato metoda byla vyvinuta firmou Toyota po 2. světové válce.

Tato práce se věnuje optimalizaci procesu montáže do takové míry, aby se stala co nejefektivnější. V době, kdy je spousta možností různých technologií, je čas zaměřit se na to, aby se pracovalo chytře a maximálně využívali lidské síly, kterých začíná být na trhu nedostatek. Vzhledem k tomu, že mám už nějakou profesní praxi, tak chci propojit své znalosti se znalostmi, které jsem získal ve škole při studiu a propojit je tak, aby byly maximálně efektivní a to, co dělám, aby dávalo smysl. Současně si uvědomuji, že ne každý proces jde plně optimalizovat, neboť může v různých situacích už dosáhnout svého maxima.

V současném světě se jako první bod při racionalizaci montážního procesu musí počítat s lidským faktorem ve výrobě, kterého začíná být kritický nedostatek. Odvětví se potýká s dlouhodobým nedostatkem kvalifikovaných a perspektivních pracovníků hlavně ve výrobě. Proto je nutné v optimalizacích zohlednit i fakt, že do firmy může nastoupit člověk, který nemá absolutně žádné technické vzdělání, a i přesto chce v tomto odvětví pracovat. Ovšem stále musíme brát zřetel a vidět trochu do budoucnosti, zda má smysl takového člověka zaměstnat.

Cílem mé práce je optimalizovat linku tak, aby byla v souladu s nově navrženými technologickými postupy, odpovídala novým trendům v oblasti ergonomie anebo aby na ní mohli pracovat lidé, kteří nemají úplné technické vzdělání. Doufám, že touto prací splním svůj cíl a že moje práce poslouží v budoucnu jako základní kámen pro další rozvoj a práci.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 CHARAKTERISTIKA VÝROBNÍHO PROCESU MONTÁŽE

Montážní proces je konečná a často také nejsložitější část výrobního procesu. Montáž zásadním způsobem ovlivňuje jak kvalitu, tak také spolehlivost výrobků. Dále tato část ovlivňuje i dobu výroby, produktivitu práce nebo efektivnost celého systému. Montáží nelze rozumět jen tzv. spojování dílů v montážní celky nebo pouhé seřizování polohy, ale do procesu montáže musíme také započítat kontrolu součástí, manipulaci se součásti nebo transport součástí.

Během výroby strojírenských výrobků zatěžuje montážní proces zhruba 30-50 % z celkové doby výroby. Podíl pracovníků ve výrobním procesu montáže je zhruba 25-30 % z celkového počtu. Hodnoty podílu pracovníků na montáži jsou přímo závislé na technologičnosti konstrukce pro montáž, stupni mechanizace nebo automatizaci a technicko – organizační formě montáže. Například u hromadných nebo sériových výrob klesá podíl pracovníků na montáži, a to hlavně kvůli tomu, že je zde kladen vyšší důraz na automatizaci pracoviště a jejich zvýšené specializaci. Vyšší časové náročnosti se předpokládají u montážních procesů s nízkým stupněm automatizace a mechanizace montážních procesů. Až 75 % montáže je prováděno ručně a díky tomu se řadí mezi nejméně automatizované výrobní procesy. Jedná se například o montáž jednoúčelových strojů, kde se při montáži využívají například na míru vyrobené přípravky nebo pouze ruční nářadí. [1]

1.1 Rozdělení montáže podle mechanizace

V případě ručního montážního procesu jde o proces, ve kterém je dominantním článkem člověk, který vykonává veškeré činnosti v procesu s tím, že využívá pouze ručního nářadí nebo manuálních strojů a nástrojů. V případě mechanizované montáže jsou dominantním článkem celého procesu stroje, které člověk ovládá pouze na dálku a pomocí ovladačů či sdělovačů definuje jejich činnost. Poslední velkou skupinou jsou automatizované montáže. V automatizovaných montážích se již člověk prakticky nevyskytuje. Jeho přítomnost je zde nahrazena různými čidly nebo třeba roboty. Pokud je člověk přeci jen součástí automatizované montáže, zastává zde nejčastěji pouze kontrolu pracoviště. Celkem jsou tedy druhy montáže rozděleny do tří skupin:

- Ruční
- Mechanizovaná
- Automatizovaná [1]

1.1.1 Ruční montáž

Ruční montáž je nejpoužívanějším druhem montážního procesu. Pro ruční montáž je charakteristické používání upínacího zařízení, specializovaných montážních přípravků nebo také různých speciálních a univerzálních nástrojů pro danou montážní operaci. Kvůli tomu, že se jedná o montáž, ve které hraje hlavní roli člověk, musí být pracoviště zaměřené především na ergonomii a racionální dopravu součástí do místa pracoviště. Z pohledu ergonomie pracoviště se jedná například o logické rozmístění spojovaných součástí a dosažení pracovního komfortu pracovníka. Na obrázku níže jsou uvedeny výhody a nevýhody ruční montáže. [1,2]



Obrázek 1: Výhody a nevýhody ruční montáže

1.1.2 Mechanizovaná montáž

Mechanizovaná montáž, jinými slovy poloautomatická montáž, je montáž, při níž se využívá motorické nářadí a mechanizovaná zařízení. Člověk je zde součástí procesu, během kterého pomocí ovladačů a sdělovačů ovládá poháněné mechanismy, které zajišťují montážní činnost. Současně na pracovišti vykonává monitoring a kontrolu montážního procesu. Na obrázku níže jsou uvedeny výhody a nevýhody mechanizované montáže. [1,2]



Obrázek 2: Výhody a nevýhody mechanizované montáže

1.1.3 Automatizovaná montáž

Automatizovaná montáž je montáž, která zabezpečuje nejvyšší stupeň racionalizace a optimalizace, které jsou cílem rozvoje montážních procesů. Člověk se v tomto typu montáže vyskytuje pouze jako kontrolní prvek celého procesu. Většinu kontrolních prvků během procesu zajišťují čidla rozmístěná po montážní lince. Na obrázku níže jsou graficky znázorněny výhody a nevýhody automatizované montáže. [1,2]



Obrázek 3: Výhody a nevýhody automatizované montáže

1.2 Montážní činnosti

Montážní činnosti jsou přímo závislé na druhu výroby. V případě kusových až malosériových montáží jsou rozhodujícím faktorem hlavně přípravné a přizpůsobovací práce, které mají značný podíl na celém procesu montáže. Dalšími důležitými aspekty, které na tyto práce navazují, jsou také kontrola, seřizování a demontážní práce. Všechny tyto činnosti tvoří v součtu až 80% časové pracovní montáže. V případě hromadných nebo sériových montáží se podíly výše zmíněných montážních činností přirozeně navyšují. Jedná se například o manipulaci s výrobkem (vkládání, zasouvání, transport atd.). V dnešním průmyslovém světě je řada činností, které se dělí do jednotlivých skupin (viz. obr. 4).

Montážní postup lze také přizpůsobit sériovosti výroby. Rozděluje se do pěti skupin:

- Kusová výroba – výroba v rozsahu jednotek až desítek kusů
- Malosériová výroba – výroba v rozsahu desítek až stovek kusů
- Sériová výroba – výroba v dávkách, které se skládají z desítek až stovek kusů
- Velkosériová výroba – výroba v rozsahu 100 až 1000 kusů
- Hromadná výroba – výroba v rozsahu 10 000 kusů a více

Z hlediska zvýšení efektivity montážního procesu je důležité správně zvolit vhodné činnosti, a to z hledisek:

- Snížení množství ručních prací v jednom montážním procesu
- Snížení složitosti montáže a zvýšení produktivity práce
- Zvýšení stupně mechanizace a automatizace jednotlivých montážních operací
- Zvýšení stupně unifikace a standardizace
- Dostatečná vybavenost pracovišť a zvolení vhodné technologie [21]



Obrázek 4: Montážní činnosti

Z hlediska zvýšení efektivity montážního procesu je důležité správně zvolit vhodné činnosti, a to z hledisek:

- Snížení množství ručních prací v jednom montážním procesu
- Snížení složitosti montáže a zvýšení produktivity práce
- Zvýšení stupně mechanizace a automatizace jednotlivých montážních operací
- Zvýšení stupně unifikace a standardizace
- Dostatečná vybavenost pracovišť a zvolení vhodné technologie [21,22]

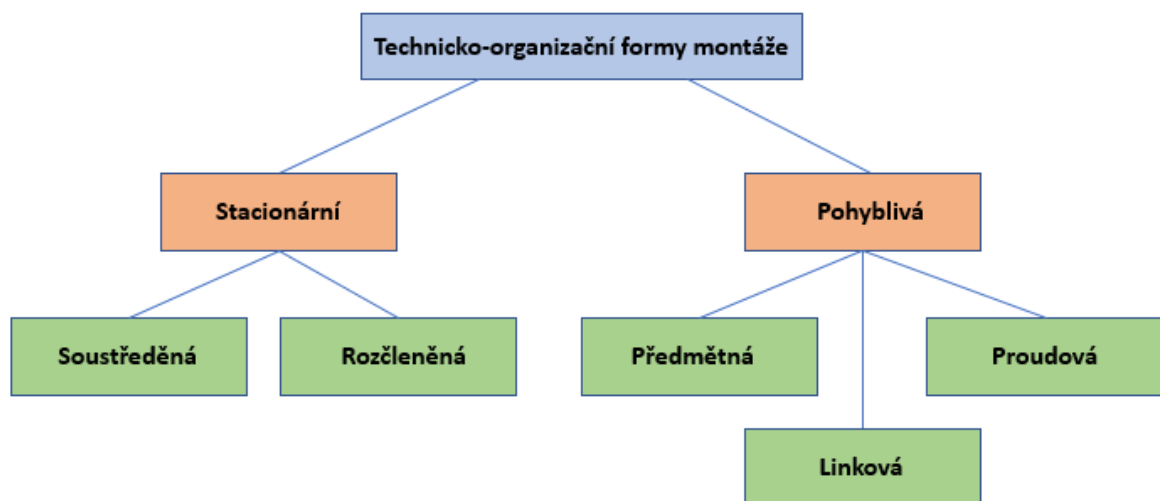
1.3 Technicko – organizační formy montáže

Montáž lze také rozdělit podle místa, kde se montáž vykonává. Jedná se o dělení na interní nebo externí montáž. Interní montáž lze ještě rozdělit na stacionární nebo pohyblivou montáž. Tyto druhy montáže lze ještě rozdělit do podskupin podle například časové nebo technologické návaznosti. Dále je také nutné zohlednit využití pracovních sil, energie, prostředků a prostornému uspořádání pracovišť. Časová a prostorová uspořádání vychází zejména ze složitosti, množství a velikosti montovaných výrobků. Je také dána technicko – organizační formou (viz obr. 5).

Rozdělení montáže dle prostředí:

Interní montáž – Montáž, která je prováděna výhradně v uzavřeném prostoru podniku a je také součástí výroby. Výrobek podnik opouští ve finálním stavu a je určen k okamžitému použití.

Externí montáž – Montáž, která je prováděna mimo podnik, obvykle u zákazníka. Pokud se vyrábí produkt určený k externí montáži, v podniku se vyrobí menší podsestavy, které se poté transportují na určené místo, kde se smontují do finálního výrobku. Nejčastěji se externí montáž využívá při stavbě mostů, potrubí nebo armatur. Ve strojírenském průmyslu se externí montáž využívá například při výrobě velkých jednoúčelových strojů, které nejdou transportovat smontované v jednom kusu. [23]



Obrázek 5: Schéma technicko-organizační formy montáže [2]

1.3.1 Stacionární montáž

Stacionární montáž je druh montáže, při kterém montáž výrobku nebo montážního celku probíhá postupně na jednom předem určeném pracovišti, kde pracuje jeden nebo skupina pracovníků. Stacionární montáž se typicky využívá v podnicích, kde probíhá kusová, případně malosériová výroba, například při výrobě jednoúčelových strojů.

Stacionární montáž se podrobněji dělí na:

- Soustředěnou montáž
- Rozčleněnou montáž [23]

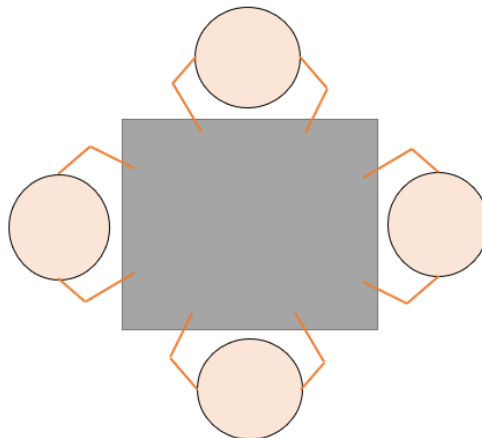
Soustředěná montáž

Soustředěná montáž se vyznačuje tím, že se montovaný výrobek montuje pouze na jednom určeném pracovišti. Soustředěná montáž je typicky vykonávána jedním nebo skupinou

pracovníků (viz obr. 6). Montáž probíhá podle navržených montážních postupů a nemá podrobný časový harmonogram. Soustředěná montáž se nejčastěji využívá u kusové nebo malosériové výroby.

Nevýhody soustředěné montáže:

- Nutnost kvalifikace pracovníků pravidelnými workshopy nebo školeními
- Počet pracovníků je omezen plochou, kde probíhá montáž daného výrobku
- Nutnost vymezit montážní plochu
- Nelze urychlit montáž – dlouhá doba montáže
- Náročné určení časové predikce montáže
- Nepravidelný takt montáže kvůli rozdílné náročnosti montáže jednotlivých dílů, podsestav [2]

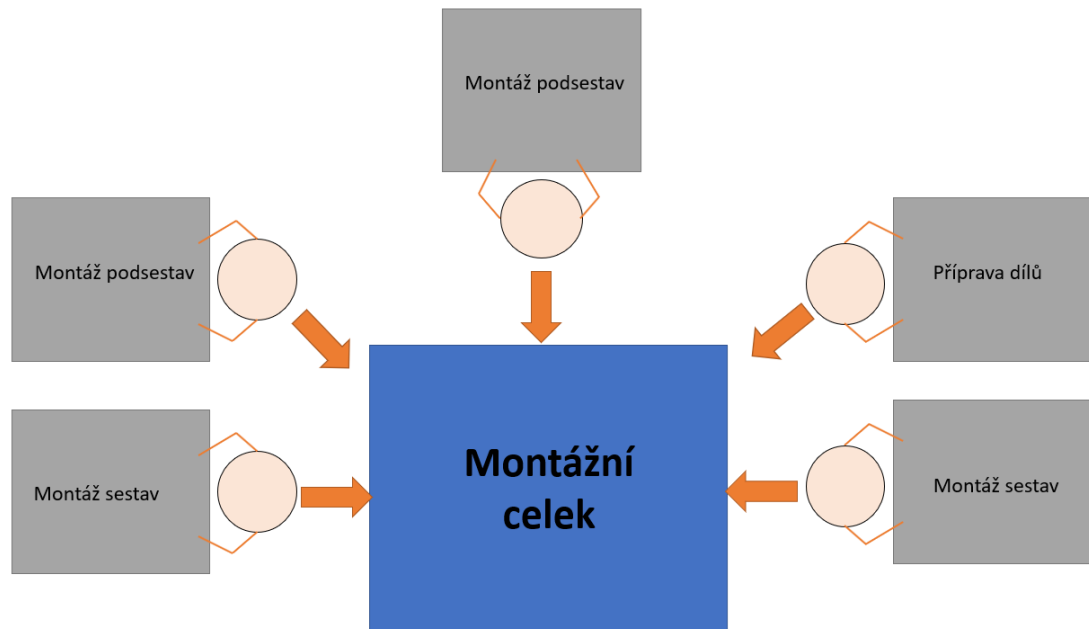


Obrázek 6: Soustředěná montáž

Rozčleněná montáž

Rozčleněná montáž je druh montáže, která je založena na principu dělení jednotlivých operací. Časová predikce se zpracovává v případě rozčleněné montáže pro celou montážní linku. Vzhledem k poměrně velkému objemu operací je zde určitá časová volnost, která je určena k vedlejším operacím, například k předání dílů nebo montážních celků mezi jednotlivými pracovišti nebo k provedení montáže složeného celku do většího celku, například namontování držáku motoru na rám stroje apod. Rozčleněná montáž umožňuje rozdělení výroby na jednotlivé díly nebo montážní celky podle montážního plánu a objemu montážních operací. Jednotlivé montážní celky se montují na vedlejších stacionárních pracovištích současně (viz obr. 7). Rozčleněná montáž se využívá nejčastěji jen pro kusovou až malosériovou výrobu.

Výhodou rozčleněné montáže je možnost souběžné montáže menších montážních celků. Hlavní montáž pak představuje spojování dílů, podsestav či sestav do finálního montážního celku. [2]



Obrázek 7: Rozčleněná montáž

1.3.2 Pohyblivá montáž

Pohyblivá montáž se vyznačuje tím, že montáž probíhá současně ve více montážních procesech nebo ve skupinách pracovníků. V případě pohyblivé montáže je důležité určit, zda se bude pohybovat výrobek či pracovníci. Pokud se pohybuje výrobek, putuje z jednoho pracoviště na další pracoviště. Důležitým aspektem je určit pomocí technologických a časových možností takt montáže. Další variantou je, že montážní celek je umístěn na stacionárním montážním pracovišti. Skupina pracovníků se po dokončení jedné a konkrétní operace přesunou na další montážní pracoviště (stacionární celek).

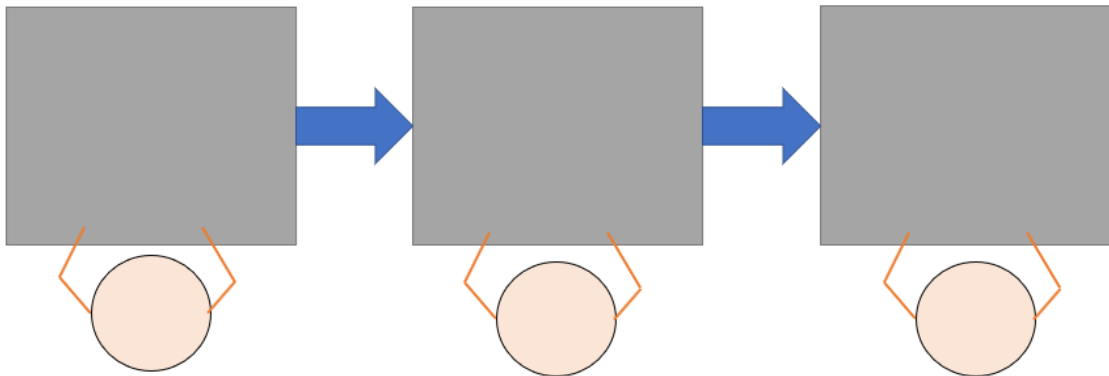
Pohyblivá montáž se v případě pohybujícího se předmětu dále dělí na:

- Předmětnou montáž
- Proudovou montáž
- Linkovou montáž [21,22]

Předmětná montáž

Předmětná montáž je nejjednodušší formou pohyblivé montáže. Předmětná montáž vyžaduje vybavení všech montážních pracovišť a také jejich správné uspořádání v lince podle montážního schématu. Předmětná montáž se charakterizuje tím, že je volný takt (pohyb)

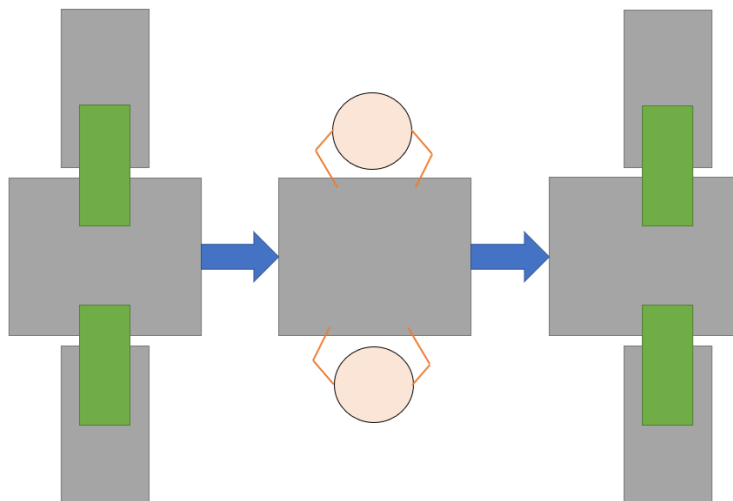
montovaného předmětu. V důsledku této volnosti dochází k celkovému časově nerovnoměrnému objemu montážních operací. [2]



Obrázek 8: Předmětná montáž

Proudová montáž

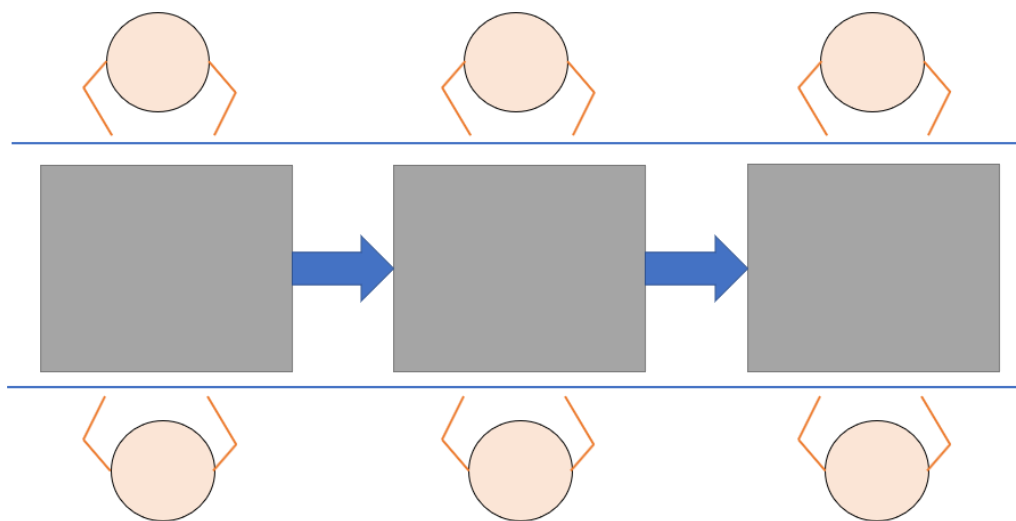
Proudová montáž je charakteristická synchronizací objemu montážních procesů v jednotlivých operacích. Proudová montáž se nejčastěji vyskytuje u jedno předmětných montáží s vysokým stupněm mechanizace s přísným časovým rozsahem vzhledem k montáži výrobku. Proudová montáž probíhá na stacionárních pracovištích. Zde vykonávají montáž specializované pracovní skupiny (viz obr. 9). Pracovníci mají předem určený rozsah pracovních úkonů. Tento typ montáže se využívá hlavně při automatizaci montážního procesu. Proudová montáž se využívá zejména u velkosériových výrobcích. [22,23]



Obrázek 9: Proudová montáž

Linková montáž

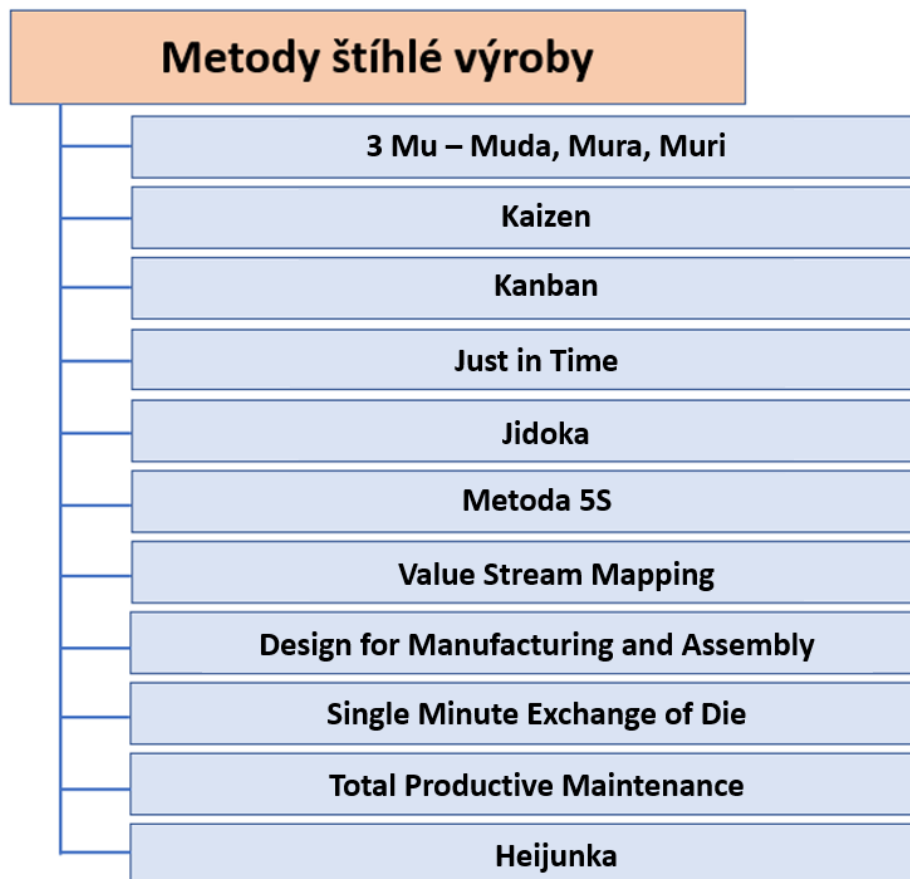
Linková montáž se využívá ve výrobních závodech, kde jsou největším podílem především ruční práce. Linková montáž je charakteristická nuceným pohybem výrobku po lince. Rychlost linky je dána taktem montážní linky (viz obr. 10). Linková montáž vyžaduje přesné rozdělení montážních celků do jednotlivých operací. Důležité je určit časovou vyváženost a náročnost. V případě, že je montážní linka plně zorganizovaná a funguje v pravidelném taktu, jedná se o synchronizovanou montáž. V případě, že se předmět po lince pohybuje nerovnoměrně kvůli rozdílnému pracovnímu tempu jednotlivých pracovišť, jedná se o nesynchronizovanou montážní linku. [22,23]



Obrázek 10: Linková montáž

2 METODY ANALÝZY A OPTIMALIZACE PROCESŮ

Cílem této diplomové práce je optimalizace výrobního procesu montáže. Proto v této části jsou popsány jednotlivé procesy optimalizace výrobního procesu a jaké jsou moderní trendy v optimalizaci procesů (zejména metoda štíhlé výroby nebo Six Sigma). Dále se zjistí, jak důležité je mít přesná vstupní data před optimalizací. Níže (obr. 11) je uveden přehled metod analýzy výroby.



Obrázek 11: Přehled metod štíhlé výroby

2.1 Štíhlá výroba

Štíhlá výroba je jedna z moderních způsobů optimalizace výroby. Základním cílem každé metody štíhlé výroby je především úspora času a snížení počtu zmetkovitých dílů během výrobního procesu.

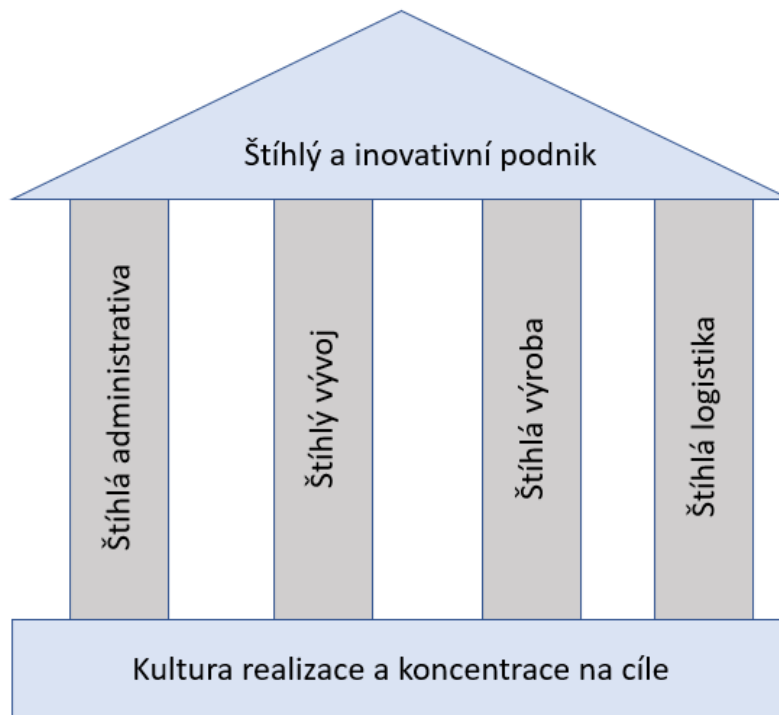
Historicky je pojem štíhlá výroba úzce spjat s automobilovou společností Toyota a s obdobím po 2. světové válce, ale kořeny této metody sahají ještě hlouběji do historie. V 19. století se tato metoda začala objevovat v primitivní podobě. Průkopníkem této myšlenky

štíhlé výroby se stal Frederick Winslow Taylor, který byl strojním inženýrem v Midvalských ocelárnách sídlící v Pensylvánii v USA.

Moderní historie štíhlé výroby je úzce spojená s automobilkou Toyota, která s tímto konceptem přišla v 50. letech 20. století. Po skončení 2. světové války se japonský průmysl ocitl na samém dně. Průmysl tudíž bylo potřeba znovu nastartovat, proto se japonští inženýři značně inspirovali americkým průmyslem a jejich metodami. Především konkurenční automobilkou Ford. Z USA po dohodě přijelo do Japonska několik konzultantů. Jedním z předních konzultantů byl William Edwards Deming. Později se stal manažerem firmy Toyota. Během zavádění štíhlé výroby po vzoru Fordu si manažeři firmy Toyota všimli, že koncept štíhlé výroby z Fordu je poněkud zastaralý a obsahuje jisté rezervy, hlavně v oblasti lidských zdrojů. Celý proces štíhlé výroby Fordu byl ke svým zaměstnancům příliš tvrdý a hlavně neúčinný. Během optimalizace v Toyotě postupně vznikaly nové pracovní pozice, kde se z běžných zaměstnanců stávali pracovníci kontroly a inovací. Díky těmto úpravám Toyota zabránila zopakování chyb firmy Ford.

Vrcholní zástupci Toyoty Eiji Toyoda a Taiichi Ohno se s pomocí Deminga snažili výrobní procesy neustále zlepšovat a vymýšlet nové způsoby výroby pro zefektivnění podniku. Inspiraci čerpali třeba v amerických supermarketech, kde zkoumali jejich fungování. Zde poznali, že supermarkety nakupují jen to, co jejich zákazníci žádají a nakupovat takovým stylem, aby co nejmíň zatěžovali skladové kapacity. Po návratu do Japonska založili Toyoda a Ohno metodu Toyota Production System (TPS), který se stal prvním prvkem moderního způsobu štíhlé výroby. Základy TPS tvořily hlavně koncepty Just in Time a Jidoka. Později se přidala metoda 5S. Systém TPS pomohl Toyotě propracovat se rychle na přední místo v oboru kvality výroby automobilů. Během 60. let Toyota pokračovala v myšlence TPS a rozšířili ji o další metodu Poka-yoke. Tuto metodu vymyslel japonský inženýr Shigeo Shingo.

Celý koncept štíhlého podniku se skládá z více různých štíhlých oddělení (viz. obr. 12). Štíhlá výroba je jedna z nejznámějších, ale dále existují například štíhlý vývoj, štíhlá logistika nebo štíhlá administrativa. Základem štíhlého podniku je balanc mezi všemi štíhlými odděleními. [7]



Obrázek 12: Základní pilíře štíhlého podniku [26]

2.1.1 Just in Time (JIT)

Doslovný překlad zkratky JIT je „právě včas“. Je to systém, který je založen na tom, že se materiál musí dostat do výroby v okamžik, kdy je skutečně potřeba. Zabraňuje to tomu, aby vznikaly zbytečné zásoby na skladech. Potřebou zmíněného systému je skvělá koordinace sledování zásob. Důležité je, aby nedocházelo k případným nedostatkům nebo přebytkům. [4,6]

2.1.2 Metoda 5S

Tento systém má za úkol zabránit zbytečnému plýtvání na pracovišti. Je to nejrozšířenější systém ve všech velkých firmách. Jeho základ tvoří 5 hlavních postupů vycházejících z 5 japonských slov. Jsou to slova Seiri (třídít), Seiton (čistit), Seiso (systematizovat), Seiketsu (standardizovat), Shitsuke (disciplína). Posloupnost těchto postupů musí být realizována v tomto pořadí:

1. Seiri (Třídít)

V případě slova Seiri musí být odstraněny z pracoviště věci, které nejsou potřebné pro práci a mohou pracovníky rozptylovat, můžou jim překážet. Na pracovišti zůstávají pouze věci, které jsou nutné k provádění daných činností.

2. Seiton (Uspořádat)

V tomto případě je důležité rozmístění předmětů na pracovišti tak, aby pracovník měl vše ihned po ruce a současně taky připravené k okamžitému použití. Je důležité určit místo pro jednotlivé předměty. Místo, kam patří daný předmět, může být označeno pomocí popisků nebo jiným označením. Například u ručního náradí se využívá v plastovém nosiči lehký prolis ve tvaru daného nástroje.

3. Seiso (Uklidit, čistota)

Zde musí být dodržena čistota na pracovišti. Každý pracovník musí mít vymezený čas pro úklid svého pracoviště. Prostředky k provedení úklidu musí být stále připraveny k použití.

4. Seiketsu (Standardizovat)

Seiketsu volně navazuje na předchozí bod Seiso. Seiketsu zavádí standardy čistoty pracoviště. Každý pracovník je za čistotu na svém pracovišti zvlášť zodpovědný. Každý pracovník musí dodržovat tato pravidla, aby se pracoviště neustále vyvíjela vpřed.

5. Shitsuke (Disciplína, audit)

V tomto bodě je důležité naučit lidi disciplíně. Jde o to, aby se například více zmíněný úklid stal jejich pracovním návykem, který budou respektovat a dodržovat. Je důležité pracovníky patřičně motivovat, aby dodržovali disciplínu. [6,8]

2.1.3 Jidoka

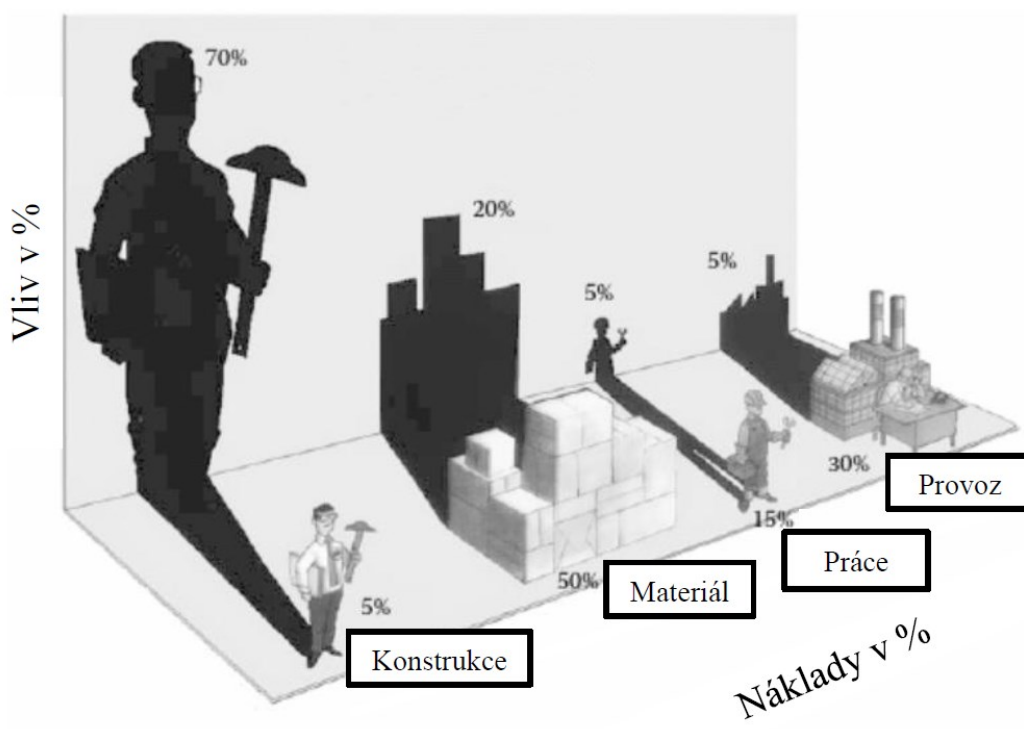
System Jidoka slouží k tomu, aby snížil zbytečné plýtvání ve výrobě. Pokud během výroby vznikne chyba, celý proces se neprodleně zastaví a chyba se začne okamžitě řešit na místě. Do doby, než se chyba odstraní, je celá linka zastavena. Cílem systému je, aby se jakýkoliv problém řešil bezodkladně a bez zbytečných ztrát materiálu nebo času.

Pracovník je nucen během celé výroby v pravidelných intervalech kontrolovat výrobky. Pokud objeví chybu, má právo výrobu okamžitě zastavit a chybu ihned začít řešit. Je to efektivní způsob, kterým lze eliminovat ztráty a jak zdokonalit celý proces výroby. [8]

2.1.4 DFMA

DFMA je analytická metoda sloužící ke zjednodušení vícekomponentních produktů (sestav). DFMA vzniklo kombinací dvou metod. První je Design for Manufacture (zjednodušení vyrobených dílů, ze kterých se skládá výsledný produkt) a Design for Assembly (zjednodušení procesu skládání dílů do výsledného produktu).

V praxi DFMA znamená, že se jedná o proces, při kterém se využívá redesign produktu. Redesign nesmí narušit jeho funkčnost a nesmí změnit požadavky zákazníka. Při analýze se zkoumá každý díl zvlášť, zda jde nějakým způsobem změnit. Zkoumá se například z hlediska použitého materiálu nebo jak dlouho trvá díl namontovat do výsledné sestavy. Dále je nutné se při analýze zaměřit na komponenty, které by šly například sloučit do jedné větší komponenty nebo také zcela vyřadit. Také se dají upravit jednotlivé procesy. Pokud se zpracovatel procesní analýzy rozhodne nějaký proces vyloučit, musí se zaměřit na to, jestli může například upravit pořadí kroků montáže zkoumaného dílu, nebo jestli může použít jiný materiál pro daný díl, aniž by tím snížil kvalitu celého produktu, nebo jestli se daný díl může montovat či demontovat samostatně bez nutnosti montáže či demontáže teoreticky podstatných dílů. V případě, že analýza ukáže, že se může díl sloučit nebo naopak zcela vyloučit, je nutné zjednodušit design produktu. Redesign produktu musí být realizován v takovém rozsahu, aby byla zachována funkčnost a spolehlivost hotového produktu. Pokud se povede zredukovat počet jednotlivých komponent daného produktu, povede to k výraznému snížení času na sestavování dílů a současně také snížit chybovost během procesu montáže. [29]



Obrázek 13: Podíl oddělení na jednom výrobku [9]

2.1.5 Six Sigma

Six Sigma je metoda, při které se využívá sběru dat, faktů a informací pro statistickou analýzu. Tyto výsledky jsou pak využívány ke zlepšování obchodních, výrobních, logistických a dalších procesů. Cílem této metody je hlavně minimalizace ztrát v jednotlivých výrobních procesech. Metoda Six Sigma vznikla z kombinace různých nástrojů kvality. Dnes je tato metoda brána jako pružný podnikatelský nástroj, který slouží k maximalizaci zisku a úspěchu firmy. Metoda je orientována hlavně na zákazníka. Pracuje s jeho očekáváním a potřebami. Tyto získané informace jsou dále hojně využívány ke zlepšení například logistických, výrobních nebo obchodních procesů.

Cílem této metody jsou tedy:

- Maximalizace zisku
- Snížení obslužné doby
- Navýšení produktivity
- Zvýšení podílu na trhu
- Monitoring procesů kvůli jejich případným změnám

Six Sigma se proto snaží zamezit negativním jevům během celého komplexního výrobního procesu, které by mohly způsobit firmě újmu v podobě reklamací, které by vedly k finanční i morální ztrátě.

S metodou Six Sigma jsou také úzce spojeny tyto zkratky:

DPMO (Defects Per Milion Oppurtunities) – počet vad vůči milionu příležitostí k vadě

CTQ (Critical To Quality) – kritická mez, která zásadně rozhoduje o kvalitě výsledného produktu

V případě, že se firma rozhodne zavést metodu Six Sigma do firmy, jde jí hlavně o změnu a vytváření nových procesů, zejména v zajišťování nejvyšší kvality a jakosti podle ISO 9001.

Mezi základní nástroje Six Sigma se řadí:

- Proces řízení
- Potřeby a očekávání zákazníka
- Experimentální návrhy
- Zlepšování během celého procesu díky průběžnému monitoringu

Drtivá většina firem při zavádění Six Sigma použije model metody DMAIC. Je to z důvodu, že DMAIC je komplexnější a zřetelnější druh procesu. Také je DMAIC ještě více orientována na potřeby zákazníka. [5]

2.1.6 DMAIC

DMAIC je metoda sloužící pro zavádění změn. Zkratka DMAIC je složená z počátečních písmen jednotlivých procesů, které je třeba důsledně dodržovat. D – Define (definovat), M – Measure (měřit), A – Analyze (analyzovat), I – Improve (zlepšovat), C – Control (řídit). Tuto metodu lze také využít například v ekologii nebo v bezpečnosti. DMAIC je v podstatě vylepšený PDCA cyklus. PDCA je cyklus, jehož zkratka je Plan-Do-Check-Act. Dá se říct, že je to cyklus, který je určen k plánování, provedení, kontrole a zavedení změn do výrobního procesu.

Metoda DMAIC popisuje pět po sobě logicky navazujících fází (viz obr. 14).

D – Define (definovat)

Nejdříve je potřeba si definovat jasný cíl. Následně je důležité získat potřebné informace a popsat stav, kterého je potřeba dosáhnout. Cíl určuje tým vybraných pracovníků. Celý proces je důležité detailně popsat včetně jeho rozsahu (začátek a konec procesu, vstupy a výstupy procesu). Současně je důležité definovat plán, který musí obsahovat jednotlivé činnosti, které povedou k odstranění problému.

M – Measure (měřit)

Při zlepšování procesů je důležité určit si postup, kterého musí být dosaženo, protože jistě povede k naplnění všech předem definovaných cílů. Pokud budou předem definované měření, tak lze dokázat pomocí měřitelných ukazatelů, zda je možné těchto požadavků docílit. Tímto způsobem lze potvrdit, či vyvrátit proveditelnost procesu.

A – Analyze (analyzovat)

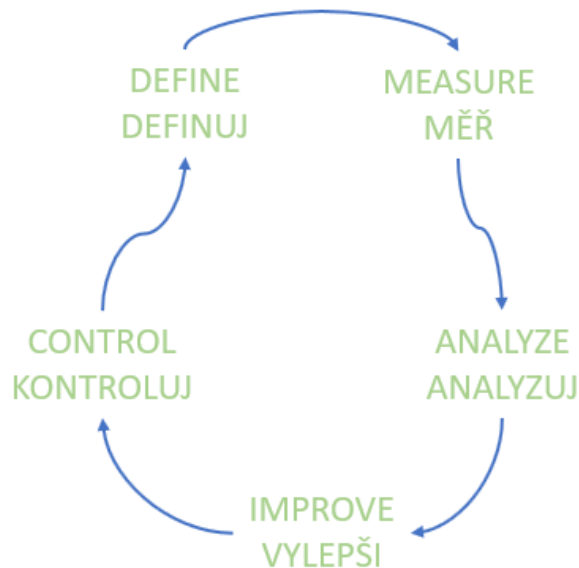
Po měření je potřeba celý proces analyzovat, zda je naplněn skutečný potenciál nového procesu. Základem analýzy je určení příčin problémů nebo nedostatků aj. Zároveň je nutné posoudit, zda byl opravdu vyřešen původní problém a nevzniká díky nově definovanému procesu zcela jiný a nový problém.

I – Improve (zlepšovat)

Pokud proběhla analýza správně, je nyní na řadě odstranit příčinu problému. Dále je nutné nastavit nové hodnoty procesu a optimalizovat jej. V potaz by při zlepšování procesu mělo být bráno i to, zda dojde například ke snížení výrobních nákladů apod. Nové řešení je možné otestovat ve zkušebním režimu výroby.

C – Control (řídit)

Pokud se povedlo proces zlepšit, je čas na zavedení nového procesu do výroby. Dále je nutné dohlížet na to, že jsou změny důsledně dodržovány a jsou součástí každodenních činností. Také je důležité průběžně kontrolovat výsledky v předem nastaveném intervalu. [29,30]



Obrázek 14: Schéma DMAIC [29]

DMAIC se využívá například ve výrobě, logistice, managementu nebo také v psychologii či marketingu. Je to účinný nástroj, který se může používat opakovaně a díky tomu se může dosahovat lepších dlouhodobých výsledků. [5]

2.1.7 3 Mu – Muda, Mura, Muri

Jedním ze základních cílů štíhlé výroby je zamezit plýtvání. Ať už penězi nebo také lidskými zdroji. Tomu se dá zamezit právě metodou 3 Mu, která se zabývá plýtváním, nerovnoměrností a přetěžováním ve výrobě (viz. obr. 15).

Muda

Muda, neboli plýtvání, je jedním z nejhorších nedostatků během výroby. Jeho eliminace je pro štíhlou výrobu naprosto klíčová. Muda má obvykle 7 základních typů:

- Čekání – na polotovary, objednávku, materiál, rozhodnutí atd.
- Transport – zbytečný transport v podniku, transport materiálu od dodavatelů

- Zbytečné pohyby – špatné uskupení pracovišť, z toho plynou zbytečné pohyby například operátorů, což má za následek jejich únavu a nižší produktivitu
- Nadprodukce – nadbytečná výroba na sklad, které mají za příčinu mít větší skladovací plochy
- Výroba zmetkových kusů a jejich vady – zbytečné náklady na jejich opravy a potřeba mít zvláštní pracoviště na jejich opravu => další zaměstnanec navíc
- Zásoby materiálu – Neadekvátně velké zásoby materiálu zvyšují potřeby na větší skladovací prostor
- Zbytečné procesy – Složité procesy, které mohou vést až ke zpomalení výroby nebo nemusí přinášet žádné zlepšení

Mura

Mura se nejčastěji uvádí do souvislosti s transportem materiálu a s metodou JIT, díky které lze bojovat proti nevyváženosti zejména v oblasti materiálového toku ve výrobě. Mura je problémem i v dalších oblastech jako:

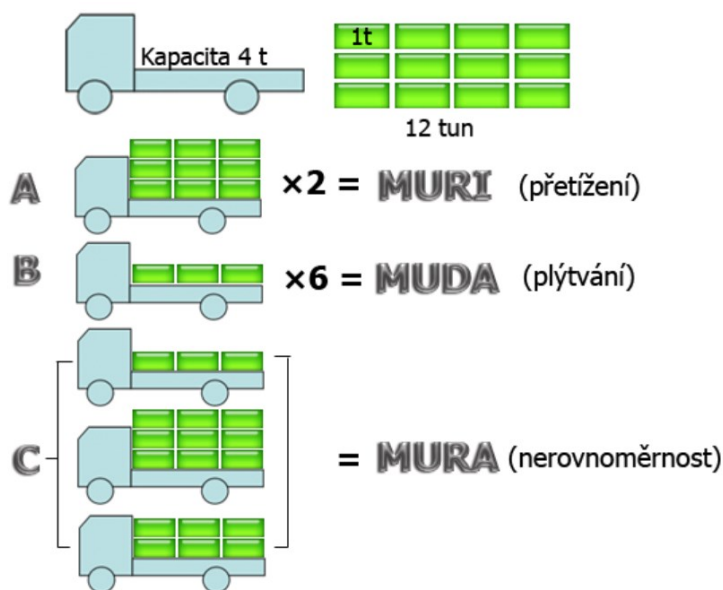
- Nerovnoměrná velikost skladových zásob – někdy nadbytek, jindy nedostatek
- Nerovnoměrná poptávka pro zboží od zákazníků
- Nerovnoměrná rychlost výroby
- Změna množství vyráběného zboží
- Nerovnoměrná kvalita výrobků
- Nerovnoměrný rytmus výroby
- Nerovnoměrné pracovní zatížení jednotlivých zaměstnanců
- Nerovnoměrné proškolení zaměstnanců (často nově příchozí nedostávají správné školení a tvoří právě chyby ve výrobě)

Muri

Pojem Muri znamená přetěžování. Ve výrobě se nejčastěji přetěžují lidské zdroje. Pod pojmem muri si můžeme představit i oblasti vybavení nebo organizace. Muri v oblasti nejzásadnější skupiny – lidských zdrojů, znamená hlavně:

- Manipulace s příliš těžkými břemeny

- Nedostatečná ergonomie pracoviště
- Velký hluk na pracovišti
- Snadná nebo vysoká úroveň zadaných úkolů
- Nadměrný stres pracovníka, který může vést až k jeho vyhoření
- Dlouho trvající práce
- Nedostatek tréninku na pracovišti [10]



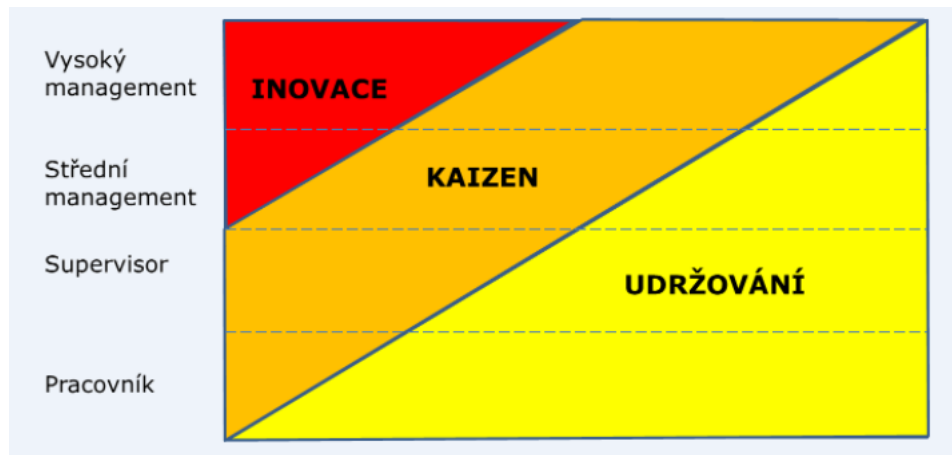
Obrázek 15: Znázornění pojmů Muri, Muda a Mura [11]

2.1.8 Kaizen

Kaizen je metoda, vedoucí k neustálému zlepšování například v osobním, sociálním nebo pracovním životě bez rozlišení pracovní pozice. Kaizen je výraz, který se skládá ze dvou japonských slov – kai – změna a zen – dobrý nebo lepší. Kaizen tedy znamená změna k lepšímu. Kaizen je metoda, kterou nelze mechanicky přenést do jiného prostředí.

Tento systém má za úkol přinášet do firmy neustálá zlepšení. Nejsou však realizovatelná jednorázově, ale musí se zdokonalovat od těch nejmenších detailů (viz obr. 16). Kaizen je postaven na dvou základních slovech:

- **Zlepšování** – vše lze zlepšit, například kvalitu, náklady, produktivitu
- **Neustále** – vše se neustále vyvíjí, například výroby, zákazníci a jejich požadavky



Obrázek 16: Graf použití metody Kaizen [12]

Zásady systému kaizen:

- Kaizen je otevřen všem, co pracují ve firmě
- Kvalitně zpracovaný kaizen představuje až 50% práce výkonného manažera
- Podpora pracovních týmů a vyzdvižení jejich práce
- Podpora ze strany nejvyššího firemního managementu
- Informovanost o aktuálních stavech výroby, o problémech firmy nebo o cílech firmy
- Motivace pracovníků například finančním ohodnocení při návrhu dobrého řešení
- Podpora při zlepšeních, která nejsou finančně náročná a dají se hned aplikovat [13]

2.1.9 Kanban

Kanban doslova znamená cedule nebo billboard. Je to koncept, který je také úzce spojen s principy štíhlé výroby a se systémem výroby Just In Time (JIT). Zakladatelem této metody je Taiichi Óno a tvrdí o ní, že je kanban jedním z prostředků, kterými je dosahováno výsledků JIT.

Kanban se odlišuje od starších metod řízení výroby tím, že umožňuje nabídkou reagovat na skutečnou poptávku trhu. Tím pádem firmy neriskují hromadění zásob, které nemusí trh vždy využít. Kanban tímto způsobem snižuje nadprodukcí a eliminuje prostoje mezi jednotlivými kroky výrobního procesu.

Při zavádění kanban metody do výroby je nutné zvážit správné předpoklady a zavést některá pravidla, která jsou pro tento systém výroby důležitá.

Cílem kanbanového systému řízení je dokonalé přizpůsobení kontinuity výroby s materiálovým tokem. Každý stupeň výroby podporuje tzv. výrobu na objednávku.

Kanban se také obejde bez zbytečně složitého centrálního plánování a řízení (viz. obr. 17). Kanban také znamená návrat řízení přímo do výroby, protože přímo na místě lze vyhovět všem výrobním požadavkům.

Kanban metoda se většinou aplikuje u firem, které se zabývají opakovanou výrobou součástek s velkou mírou odbytu. [6]

Podmínky pro zavedení kanban metody

- Kvalitně vyškolený personál
- Sériová výroba bez značných výkyvů v poptávce
- Výkonná kontrola kvality výrobku již na pracovišti
- Dokonale připravený management
- Správně uspořádaná pracoviště výroby pro plynulý tok výrobků a materiálů

Základní pravidla kanban metody

- Celá výroba se řídí kanbanovými kartami. Pokud na nich není uvedeno jinak, nekupujte ani nevyrábějte další zásoby
- Objednávejte materiál pouze dle aktuálních potřeb výroby
- Pokud na pracovišti nejsou žádné kanban karty, nesmí se realizovat žádná činnost, která by mohla mít za následek např. výrobu špatného výrobku apod.
- Kanban karty jsou vždy přepravovány současně s paletami a výrobky (kromě jejich vrácení)
- Vadné nebo zmetkové výrobky nikdy nesmí být odeslány do dalšího procesu
- Výrobní personál odpovídá za vložení výrobků na palety nebo do distribučních boxů nutných pro pokračování procesu. V případě, že nastane chyba, musí se celý proces zastavit a chyba odstranit tak, aby k ní již nedocházelo [14]



Obrázek 17: Ukázka metody kanban [15]

2.1.10 Value Stream Mapping (VSM)

VSM je metoda, která se využívá při mapování hodnotového toku vytipovaného výrobku. Díky této metodě se dá lépe vyhodnotit a pochopit pohyb výrobku celou výrobou. Tato metoda se dá pro lepší pochopení také nastínit vizuálně – mapou. K nakreslení dráhy, kterou výrobek ve výrobě urazil, lze využít standardizované piktogramy. Tímto procesem lze lépe odhadnout různé ztráty, například plýtvání časem, materiálem apod. Cílem této metody je optimalizovat současný stav a navrhnout nové řešení včetně jeho realizace.

Metodu VSM lze použít při analýze všech výrobních i nevýrobních procesů, k návrhu nových výrobních procesů nebo k úpravě současného výrobku, které povedou ke zlepšení procesů. Dále je možné touto metodou naplánovat zcela nová schémata a rozvržení výroby.

Postup při mapování

Pro vytvoření VSM mapy stačí pouze tužka, papír, stopky a fotoaparát. Ideálním případem je vytvořit celou mapu v co nejkratší možné době, aby nebyla ovlivněna změnami ve výrobním procesu a výsledná data nebyla zkreslená. Po definování zadání, je důležité si vybrat jeden vhodný výrobek a znázornit jeho současný stav (jeho výrobní cyklus). Důležité je také znát požadavky zákazníka. Poté lze vypočítat, kolik výrobků za směnu musí podnik vyrobit, aby zákazníka uspokojil.

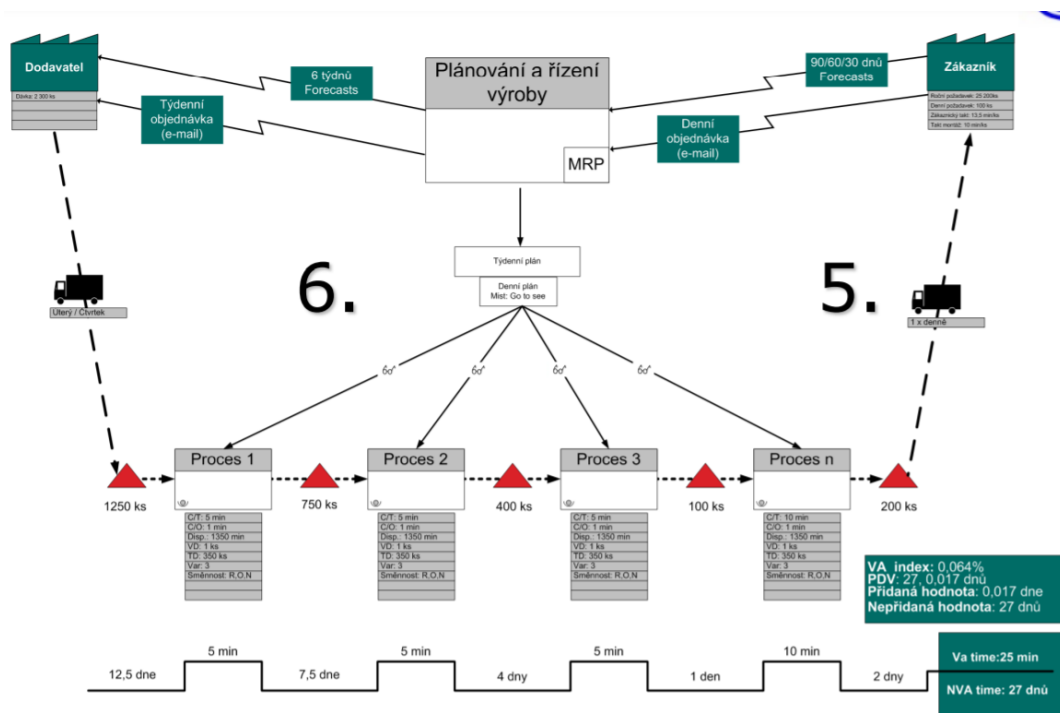
Mapa budoucího stavu

Analýzou současného stavu lze zjistit, jaké má firma nedostatky a jestli se plýtvá během výroby. Tyto body se následně označí a navrhne se adekvátní řešení, které bude v souladu s požadavky zákazníka. Poté lze vytvořit novou mapu ideálního budoucího stavu. Cílem nové mapy bude odstranit nedostatky původní mapy.

Novou mapu je poté nutné zavést do výroby. Nejčastěji se zavádí například formou wrokshopu nebo prací v týmu. Je nutné určit jednotlivé kroky, které povedou k úspěšnému naplnění cílů. K tomu je potřeba vytvořit pracovní postup, časový harmonogram nebo také postupové měřitelné cíle.

Nejdůležitějším cílem celého mapování je vytvoření podrobného plánu, kde je popsáno, jak nového stavu dosáhnout a jak ho také převést do reálného světa. Mapa VSM je ideálním nástrojem do firmy, protože se může také aplikovat například do administrativních procesů.

[3]



Obrázek 18: Ukázka metody VSM [16]

2.1.11 Single Minute Exchange of Die (SMED)

Metoda SMED je jednou z metod štíhlé výroby a synchronizace výrobních toků. Používá se pro zkracování časů při změnách výrobních zařízení. Tím pomáhá značně odstraňovat plýtvání.

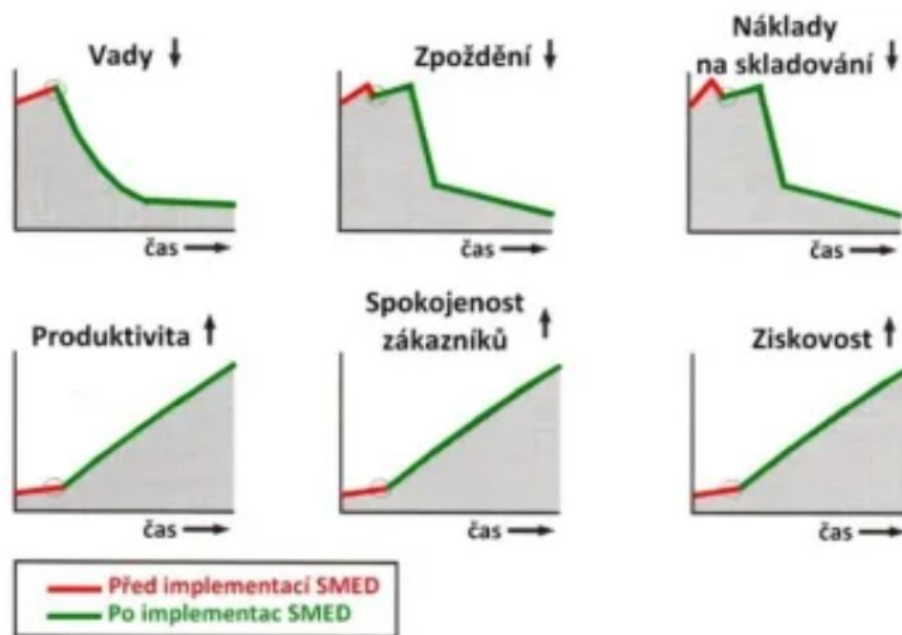
Celý postup metody je založen na důsledné analýze výrobních nástrojů a zařízení. Cílem metody je odhalit, co způsobuje prodlužování časů a dosáhnout radikálního zrychlení. Základním kamenem je identifikace slabín současného stavu pomocí analýzy nebo pomocí pozorování přímo na pracovišti. Výsledků se zpravidla dosahuje změnami technologií, pracovními pomůckami, změnou nebo technickou úpravou strojů, změnou organizace práce nebo lepším tréninkem týmu atd. Základními kroky postupu SMED jsou následující:

- Vyhodnocení nového pracovního postupu
- Analýza současného pracovního postupu
- Identifikace úzkých míst výroby
- Návrhy na odstranění úzkých míst
- Vytvoření nového návrhu pracovního postupu včetně jeho modelu
- Odzkoušení a analýza nového pracovního postupu
- Zavedení nového pracovního postupu do plného ostrého provozu

Pozitivní dopady metody SMED na výrobu (viz. také obr. 14):

- Zvýšení pružnosti provozu
- Zrychlení reakce na změny v poptávkách
- Rapidní snížení plýtvání
- Zmenšení objemu skladových zásob díky zlepšené době reakce na trh nebo zákazníka
- Zvýšení celkové efektivity zařízení [17]

Na obrázku níže jsou zobrazeny grafy, které ukazují rozdíly před zavedením metody SMED a po něm.



Obrázek 19: Zobrazení úspor nákladů SMED metodou [18]

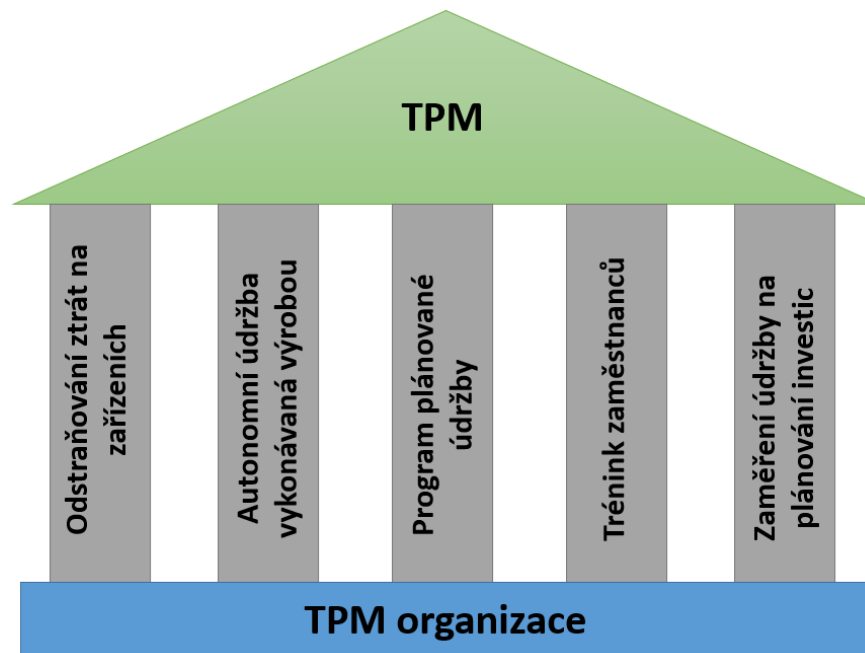
2.1.12 Total Productive Maintenance (TPM)

Total Productive Maintenance (TPM) v překladu z angličtiny znamená komplexní produktivní údržba. Nejčastěji se používá právě zkratka TPM. TPM je komplexní přístup k údržbě zařízení a efektivnosti provozu. Cílem této metody je dosažení kombinace hladkého chodu výroby a nízkých provozních nákladů, například žádné prostoje během výroby, žádné přestávky nebo poddimenzovaný chod strojů, žádné zbytečné defekty na výrobcích vlivem špatného nebo zanedbaného seřízení nebo také zabránění vzniku pracovních nehod (kladen vysoký důraz na BOZP).

Metoda TPM byla vytvořena v návaznosti na zrychlování výrobního procesu během třetí průmyslové revoluce. Metoda TPM byla vymyšlena kvůli zavádění systému JIT, protože výrobci jsou nuceni zvyšovat také spolehlivost výroby, aby nedocházelo k přerušování.

V praxi TPM znamená, že se jedná o proaktivní a preventivní údržbu strojů a zařízení. Současně je kladen velký důraz na jejich vysokou spolehlivost a co nejrychlejší návratnost investice do nich. TPM je hlavně o přístupu zaměstnanců a je tudíž nedílnou součástí firemní kultury. Základem metody TPM je plánovaná, autonomní a kvalitní údržba. Dále je třeba vypíchnout rychlé zavádění moderního vybavení do výroby. TPM lze také využít v administrativě.

Při údržbě stroje mají hlavní slovo lidé, kteří denně na daném stroji pracují. Je to z důvodu, že dokonale znají celý stroj a dokážou přesněji určit případnou poruchu. Díky tomu se výrazně eliminují případné prostoje výroby. Jejich zkušenosti můžou být také využity i při zlepšování pracovních postupů na daném stroji. Tím se můžou zavádět novější a přesnější prvky týmové práce. [19]



Obrázek 20: Schéma TPM

2.1.13 Heijunka

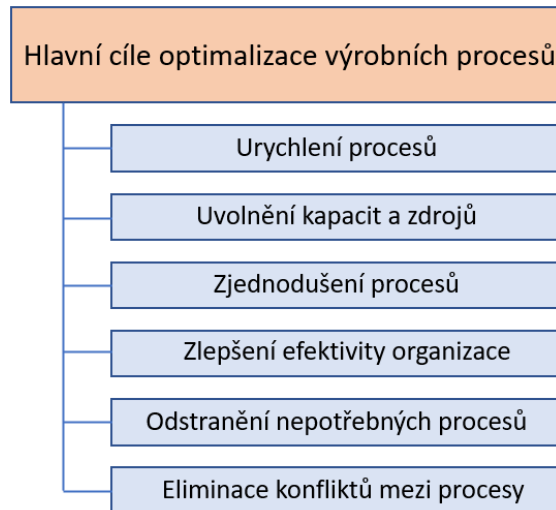
Heijunka (anglicky Levelling) je metoda, která byla opět vymyšlena produkčním systémem společností Toyota. Tato metoda zamezuje plýtvání a pomáhá rozvrhovat, co a v jakém množství a v jakém časovém úseku bude vyrábět. Heijunka se tedy věnuje výrobovému mixu a snaží se o celkové vyrovnaní udržitelného zatížení. Metoda je založena na koordinaci malých výrobních dávek.

V praxi je metoda heijunka tabule, na níž se podle času uspořádávají kanbanové karty objednávek, díky nimž vzniká výrobní plán pro jednotlivé linky a pracoviště. V teoretické rovině by pak tento přístup měl zajišťovat vyrovnaný a hladký provoz, který pravidelně vyrábí efektivně poskládaný produktový mix, který vyhovuje jak aktuálním potřebám, tak i dlouhodobějším předpokladům poptávky. Díky metodě heijunka lze poté lépe rozmělnit výrobu jednotlivých polotovarů nebo výrobků do celého dostupného časového okna. [6, 14]

2.2 Optimalizace výrobního procesu

Každá firma se neustále snaží o zlepšování a optimalizaci výroby. V dnešním světě je to povinnost, pokud chce firma obstát ve velké konkurenci. Správné nastavení vnitropodnikových procesů značně ovlivňuje náklady a celkovou efektivitu podniku. Pomocí optimalizace však můžeme ve firmě odhalit jisté rezervy, procesy nad rámec výroby a další zbytečné činnosti jako jsou zbytečné pohyby pracovníka apod. Pokud správně

optimalizujeme výrobní procesy, můžeme ušetřit podniku cenné zdroje – lidské, finanční a materiálové a zároveň s tím i zkrátit výrobní časy. Na následujícím schématu jsou znázorněny hlavní cíle každé optimalizace výrobních procesů bez rozlišení oboru. [20]



Obrázek 21: Cíle optimalizace [27]

Primární metodou, jak zlepšit výrobní procesy, je Demingův cyklus, často označován taky jako PCDA cyklus. Je složen ze čtyř základních částí, ve kterých probíhají jednotlivé změny ve výrobních procesech. Je to v podstatě nekonečný cyklus. Aby se zlepšoval, je potřeba, aby se stále opakoval.

Čtyři základní části cyklus PDCA jsou:

- P – Plan (Naplánuj) – Analýza současného stavu a vytvoření plánu pro zlepšení
- D – Do (Udělej) – Realizace naplánovaných činností
- C – Check (Zkontroluj) – Mapování a podrobnější analýza dosažených výsledků optimalizace
- A – Act (Jednej) – Vyhodnocení dosažených výsledků a provedení finálních úprav [29,30]

2.3 Racionalizace

Pojem racionalizace pochází především z ekonomie. Jedná se o zdokonalení výroby, její organizace a její řízení. Racionalizace je dílčí součástí opatření, vedoucí k hospodárnějšímu a účelnějšímu způsobu vykonávání práce a výroby. Komplexní racionalizace také zasahuje kromě samotné výroby, i do sféry řízení. Racionalizace se snaží

o to, aby se našlo co nejvíce možností, jak zvýšit efektivitu pracovišť, kanceláří nebo výrobních systémů, ale klidně také celých výrobních podniků. [33]

Racionalizace a optimalizace výroby byla poprvé vymyšlena na přelom 19. a 20. století. Jejím průkopníkem se stal Američan Frederick Winslow Taylor, který pracoval jako provozní vedoucí v podniku Midvale Steel Company. Tam poprvé dal dohromady čtyři základní principy řízení práce. Později tyto principy publikoval v práci s názvem *The Principles of Scientific Management*.

Čtyři principy řízení dle Taylora:

- Dělení práce a odpovědnosti mezi pracovníky a manažery. Manažeři aplikují vědecké metody při plánování práce a pracovníci je reálně vykonávají. Pravomoci a odpovědnost za provedení jakýchkoliv prací patří všem vedoucím pracovníkům.
- Nutnost spolupráce s pracovníky kvůli jistotě, že pracovníci provádí práci dle vědecky stanovených postupů.
- Vědecky a zodpovědně volit školení a rozvoj každého zaměstnance.
- K hodnocení práce jednotlivce má být použit vědecký přístup, který nahrazuje metodu osahání práce. [31]

Taylor také definoval základní pravidla pro úspěšnou optimalizaci jako jsou:

- Všechny pracovní úkony musí být rozděleny na základní pracovní pohyby, ze kterých se vytvoří časová a pohybová studie. Díky těmto studiím se vylepší pracovní postupy a pracovní podmínky.
- Nutnost najmout specializované dělníky, kteří budou vykonávat pomocné a přípravné práce rychleji a lépe než dělník, který vykonává hlavní práci.
- Nutnost provádět průběžná školení, aby se zvyšovala kvalifikace a zodpovědnost jednotlivých dělníků

Základní princip racionalizace výroby je postaven na nepřetržitém zdokonalování výrobního procesu. Firmy, které chtějí obstát v konkurenci jiných firem, musí neustále zvyšovat produktivitu práce především v zájmu zlepšení jejich ekonomických výsledcích, a hlavně zvýšením konkurenceschopnosti. Ve své podstatě se jedná o zlepšování výrobního procesu a posouvání ho na stále vyšší úroveň díky lepší technice, technologii, organizaci práce,

výrobě a řízení. Základem racionalizace je zamezení zbytečných ztrát a využití organizačních rezerv ve prospěch podniku.

Racionalizační opatření můžeme chápat jako soubor technickoorganizačních a psychologických metod, postupů a opatření, vedoucí ke zvýšení produktivity práce. Cílem racionalizace je poměr nejvyšší produktivity ku co nejmenším investicím. Hranice dosaženého zlepšení produktivity práce jsou v podstatě nekonečné, protože se jedná o postup neustálého zdokonalování. [32]

Základní nástroje pro racionalizaci výroby jsou:

- Optimalizace prováděných výrobních operací
- Ergonomie pracoviště – uspořádání a vybavení pracoviště
- Technické úpravy pracovišť – různé přípravky, držáky atd.
- Technologický postup konstrukce
- Uspořádání jednotlivých pracovišť například na lince

Racionalizace výroby probíhá dle následného pořadí:

- Analýza pracovního systému
- Analýza funkce současného výrobního systému
- Vymyšlení racionalizačních opatření
- Realizace těchto opatření
- Vyhodnocení [33]

3 SHRNU TÍ TEORETICKÉ ČÁSTI

V teoretické části této diplomové práce jsou shrnuty všechny důležité aspekty, které jsou nedílnou součástí pro projekt optimalizace montážního procesu. V první kapitole se věnuje detailnímu rozboru samotné montáži z pohledu technologického procesu. Popisuje, jaké jsou výhody a nevýhody jednotlivých druhů a metod montáže. V dalších navazujících kapitolách jsou zmíněny také různé druhy optimalizačních metod výroby nebo firmy jako celku, které jsou úzce spjaty s již zmíněnou optimalizací montážního procesu.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI

V praktické části budou využity všechny poznatky a metodiky zmíněné v teoretické části této práce. Současně zde budou využita data nasbíraná přímo ve výrobě na původní montážní lince. Tato data budou zohledněna při návrhu nové montážní linky. Cílem je změnit původní stacionární soustředěnou montáž na zcela novou pohyblivou linkovou montáž. Hlavním ukazatelem míry úspěchu bude maximalizace využití času montáže snížením časů montáže jednotlivých dílů na nově navržené lince a minimalizace špatně vyrobených kusů při zachování stejné montážní plochy. Současně také bude zvýšena ergonomie vůči pracovníkům.

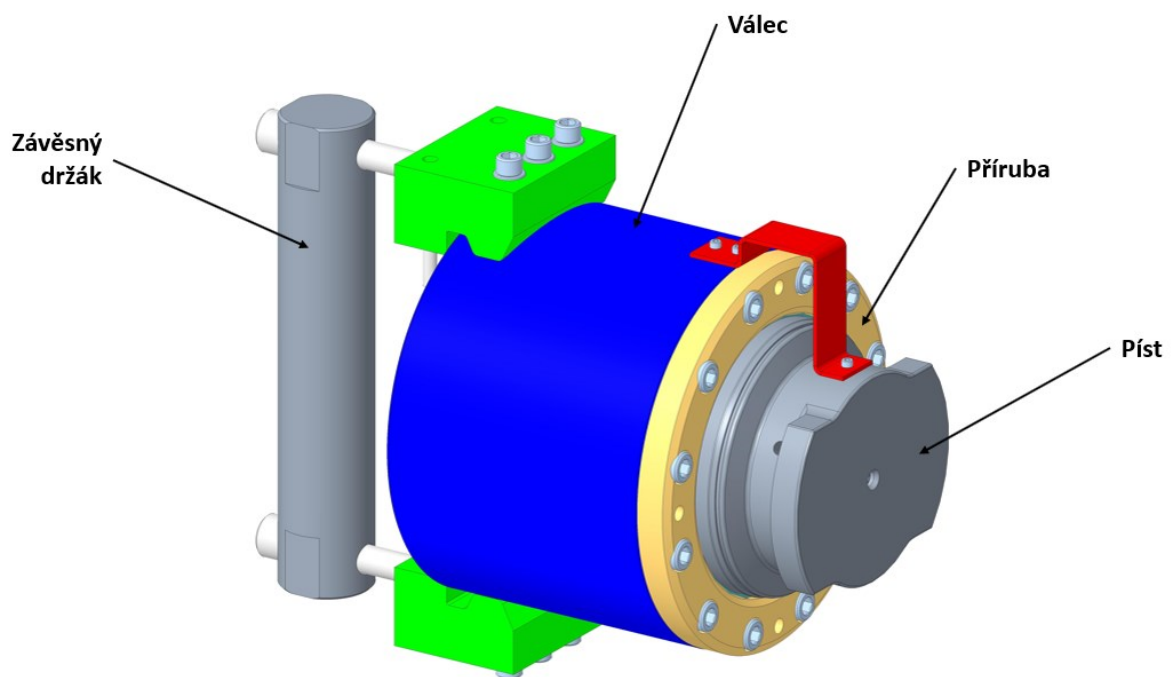
Cíle praktická části jsou shrnuty v následujících bodech:

- 1) Analýza původní montážní linky a jejích pracovišť
- 2) Návrh nové montážní linky a pracovišť
- 3) Popis jednotlivých pracovišť
- 4) Porovnání původní montážní linky a navrhované montážní linky a jejich vyhodnocení

5 OPTIMALIZOVANÁ SOUČÁST

Součást, která se vyrábí na daném pracovišti je hydraulický dvoucestný válec. Hydraulický dvoucestný válec se používá u kontinuálních hydraulických lisů, které vyrábějí dřevotřískové velkoplošné desky typu OSB, MDF, THDF, PB, SSPB apod. Úlohou hydraulických válců je stlačovat topné desky vůči sobě, díky kterým vzniknou finální dřevotřískové desky požadované tloušťky zákazníka.

Hydraulický válec se skládá z válce, pístu, příruby, závěsného držáku (viz. obr. 22) a stíracích a těsnících kroužků umístěných uvnitř válce na pístu a přírubě.



Obrázek 22: Hydraulický dvoucestný válec

6 ANALÝZA PŮVODNÍ MONTÁŽNÍ LINKY

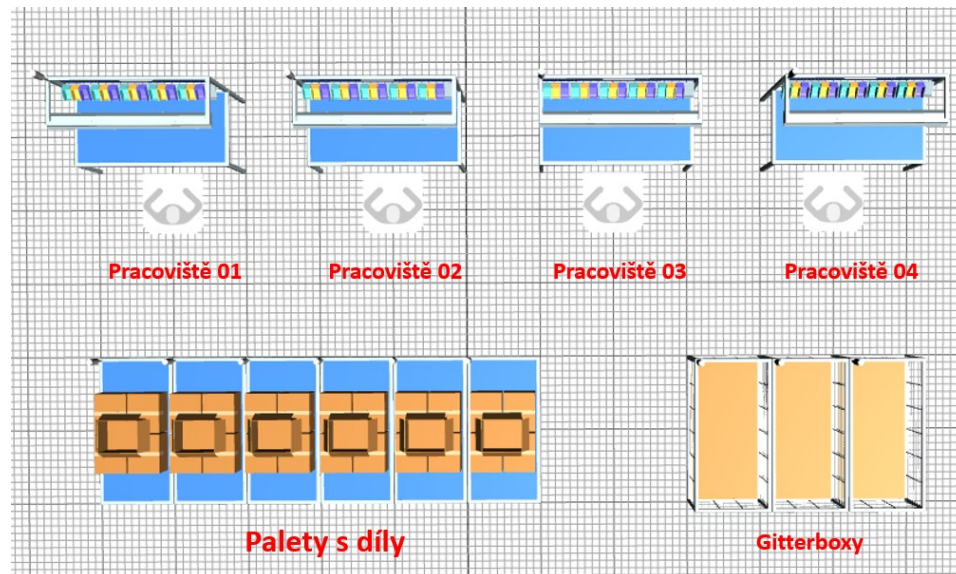
Původně se celé hydraulické válce montovaly pouze na jednom pracovišti a jedním člověkem (viz. přílohy P I a P II). Tato pracoviště byla ve firmě dohromady čtyři. Všechna pracoviště byla vybavena stejně. Základ všech pracovišť tvořil dílenský stůl, dílenský svěrák a univerzální ruční nářadí. Rozměry dílenských stolů byly 170x84x70 cm.



Obrázek 23: Dílenský stůl, ilustrační foto [34]

6.1 Layout montážní linky

Na schématu níže je vidět původní uspořádání celé montážní linky vytvořené v software Tecnomatix Plant Simulation 16. Nachází se zde čtyři pracoviště, označená indexy 01–04, vyznačené místo pro palety s díly určené k montáži a připravené gitterboxy, které slouží k odkládání již hotových výrobků. Rozloha linky je na ploše zhruba 12x12 m, což je asi 144 m².



Obrázek 24: Schéma montážní linky

6.1.1 Analýza jednotlivých pracovišť na lince

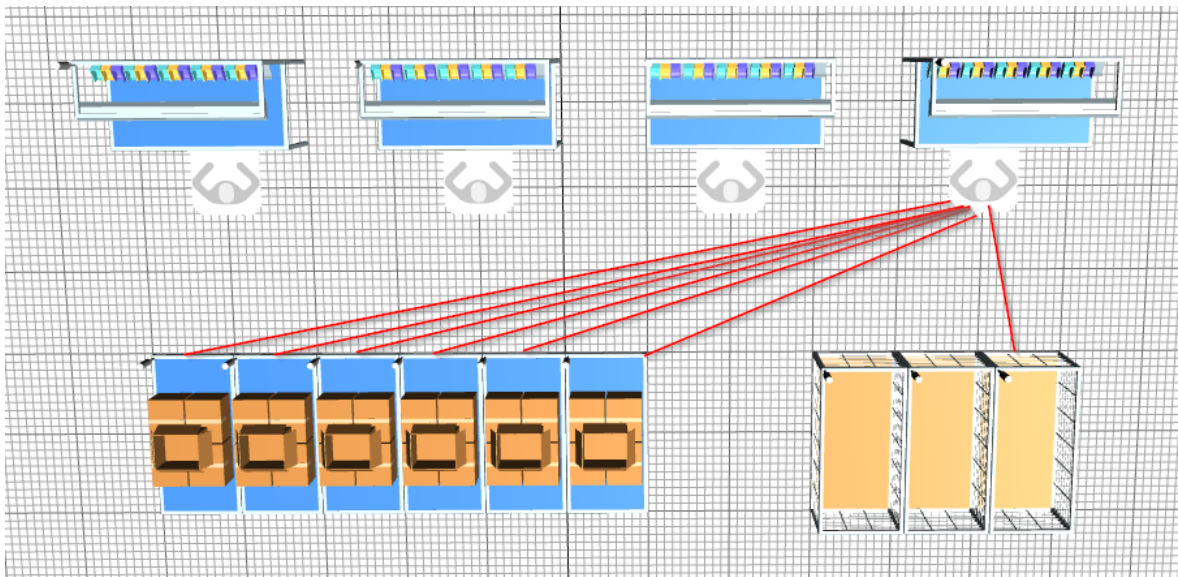
Již dle layoutu je viditelné, že takové uspořádání montážní linky je z dlouhodobého hlediska naprosto nevyhovující. Podle studie rozepsané v tabulce níže, která byla provedena se zjistilo, že velké rozdíly času celého montážního procesu se ztratilo jen během toho, když si každý pracovník musí zajít pro potřebné díly rozdílnou vzdáleností. Nejvíce času na zajištění si dílů a odevzdání hotového válce do připravených gitterboxů ztratí dva krajní pracovníci.

Tabulka 1: Analýza původní linky

	Hlavní čas montáže [min]	Vedlejší čas montáže [min]	Celkový čas montáže [min]	Počet kusů za hodinu [ks]	Počet kusů za směnu [ks]	Procentuální podíl špatných dílů [%]	Celkem špatných dílů za směnu [ks]
Pracoviště 01	21	12	33	1,8	14,5	7	1,0
Pracoviště 02	18	7	25	2,4	19,2	4	0,8
Pracoviště 03	19	8	27	2,2	17,8	4	0,7
Pracoviště 04	23	13	36	1,7	13,3	8	1,1
				Celkem ks za směnu (zaokrouhleno):	63		5

Z tabulky výše je patrné, že každé pracoviště pracuje ve zcela odlišných výrobních časech. Pracoviště 02 a 03, která jsou uprostřed, mají celkové časy nejlepší, konkrétně 25 a 27 minut. Naopak časy krajních pracovišť 01 a 04 mají časy nejhorší, konkrétně 33 a dokonce 36 minut. Tyto rozdíly jsou způsobeny hlavně vedlejším časem montáže, protože každý

pracovník má jinou docházkovou vzdálenost pro jednotlivé díly a k odevzdání výsledné součásti. Vedlejší časy krajních pracovišť jsou téměř dvojnásobné, oproti pracovištím prostředním. Rozdíl těchto časů se patřičně odráží i na výsledném počtu vyrobených kusů. Pracoviště 01 vyrobí za 8 h směnu zhruba 14 ks, pracoviště 02 19 ks, pracoviště 03 17 ks a pracoviště 04 dokonce jen 13ks. Dohromady za směnu vyrobí zhruba 63 ks celých válců. Zajímavým a očekávaným faktem je také rozdílný procentuální podíl špatně sestavených válců. Pracoviště 02 a 03 mají shodně okolo 4 %. Pracoviště 01 a 04 mají téměř dvojnásobek, 7 % a 8 %. Ve všech případech to vychází, že za celou směnu každý pracovník vyrobí zhruba 1-2 ks špatně. Pravděpodobnost těchto rozdílných výsledků v chybovosti je fakt, že krajní pracovníci za jednu směnu nachodí více kroků (viz příkladné schéma trasování pracovníka níže) než prostřední pracovníci, a proto se u nich dříve projeví únava a začnou dělat chyby.

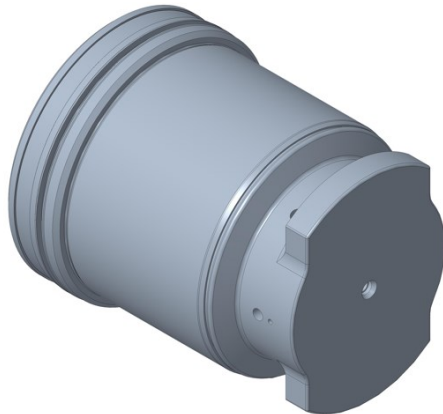


Obrázek 25: Schématické trasování krajního pracovníka

6.2 Montážní postup hydraulického válce

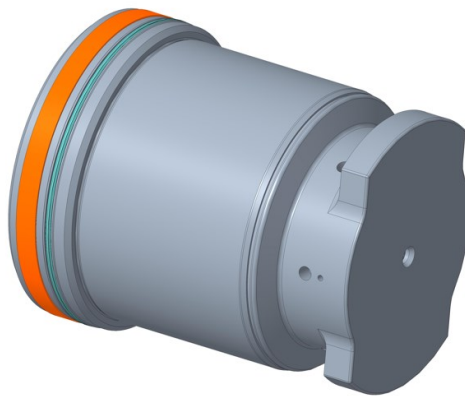
Všichni pracovníci dostanou jeden naprosto identický celkový kusovník, výkres nejvyšší sestavy a technologický postup montáže. Pracovník si vezme z krabic umístěných na paletách za ním jednotlivé díly podle kusovníku. Díly si připraví podle kusovníku postupně na své pracoviště dle jemu vyhovujícím rozložení a začne s montáží.

1. Vzít první díl – píst.



Obrázek 26: Píst

2. Na píst navléct 1x těsnění a 1x vodící kroužek.



Obrázek 27: Píst s těsněním a vodícím kroužkem

3. Píst odložit bokem a vzít si přírubu.



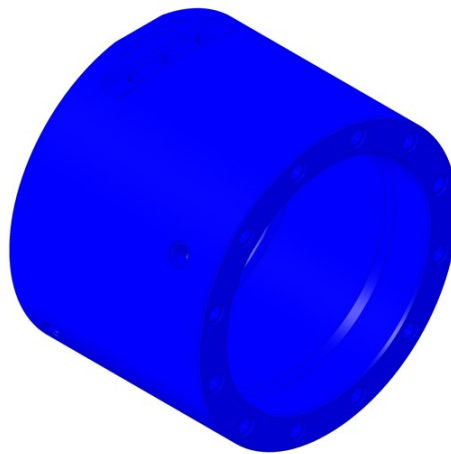
Obrázek 28: Příruba

4. Dvornitř příruba umístit těsnění a stírací kroužky.



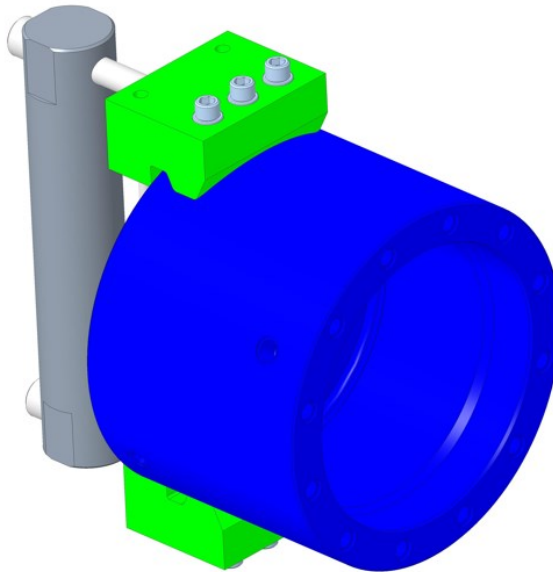
Obrázek 29: Příruba s těsněními a stíracími kroužky

5. Přírubu odložit a vzít válec.



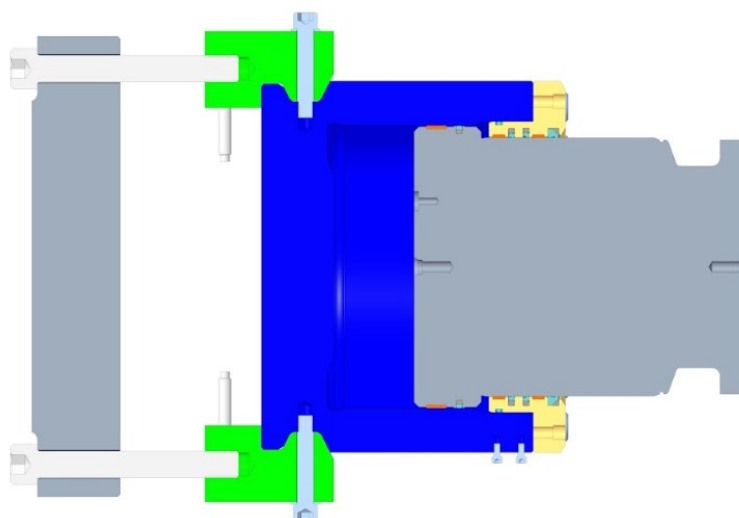
Obrázek 30: Válec

6. Na válec namontovat držáky a do nich namontovat závěsný držák pomocí dlouhých šroubů.



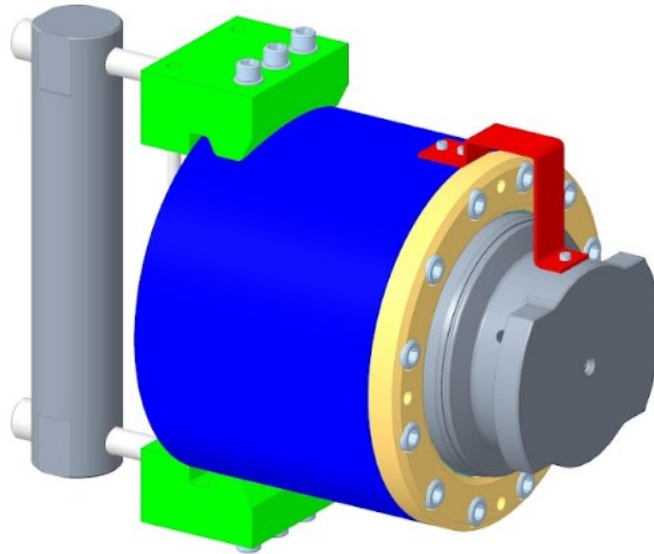
Obrázek 31: Válec se závěsným držákem

7. Válec položit na stůl, vzít si píst osazený těsněním a vodícím kroužkem a vložit dovnitř válce. Během montáže používat předepsaný olej ke snížení tření.
8. Poté opatrně a vodorovně přiložit přírubu a tu přišroubovat k válci. Během montáže používat předepsaný olej ke snížení tření



Obrázek 32: Složený hydraulický válec v řezu

9. Píst zajistit proti vysunutí během transportu plechem (červené barvy), který přišroubovat do otvorů na vnějších stranách pístu a válce.



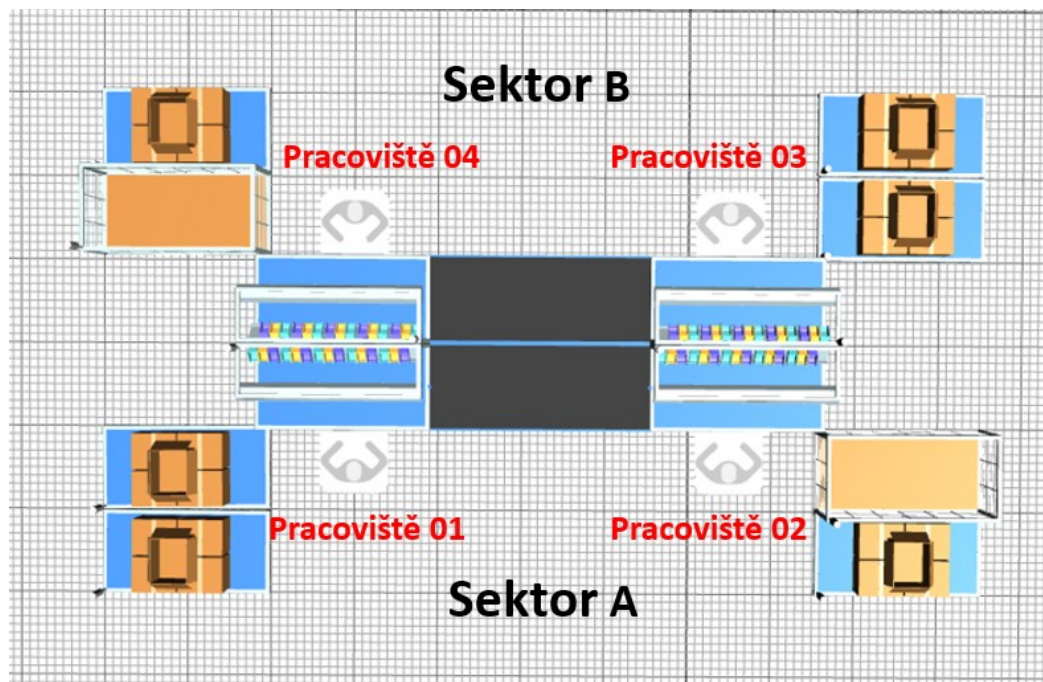
Obrázek 33: Hotový hydraulický válec

7 NAVRHOVANÁ NOVÁ PRACOVIŠTĚ MONTÁŽNÍ LINKY

Vzhledem k zásadním nedostatkům původní montážní linky se rozhodlo navrhnout novou, propracovanější linku, která není ani finančně náročná. Ušetřit by měla zhruba až dvě třetiny původního vedlejšího času a využít stejný počet pracovníků. Současně by měla způsobit taky zvýšení kvality dodávaných hydraulických válců ke koncovému zákazníkovi. Nově by se měl také upravit pracovní prostor každého pracovníka a zvětšit rozměry stolní desky, konkrétně na 200x100cm s výškou stolu od země 90 cm. Případnou pracovní výšku lze upravit celkovou výškou jednotlivých montážních přípravků na míru pro každého pracovníka.

7.1 Layout nové montážní linky

Nová montážní linka je navržena na stejně velké ploše (144 m²) jako původní. Jak je z layoutu patrné, zůstal zachován stejný počet pracovních míst.

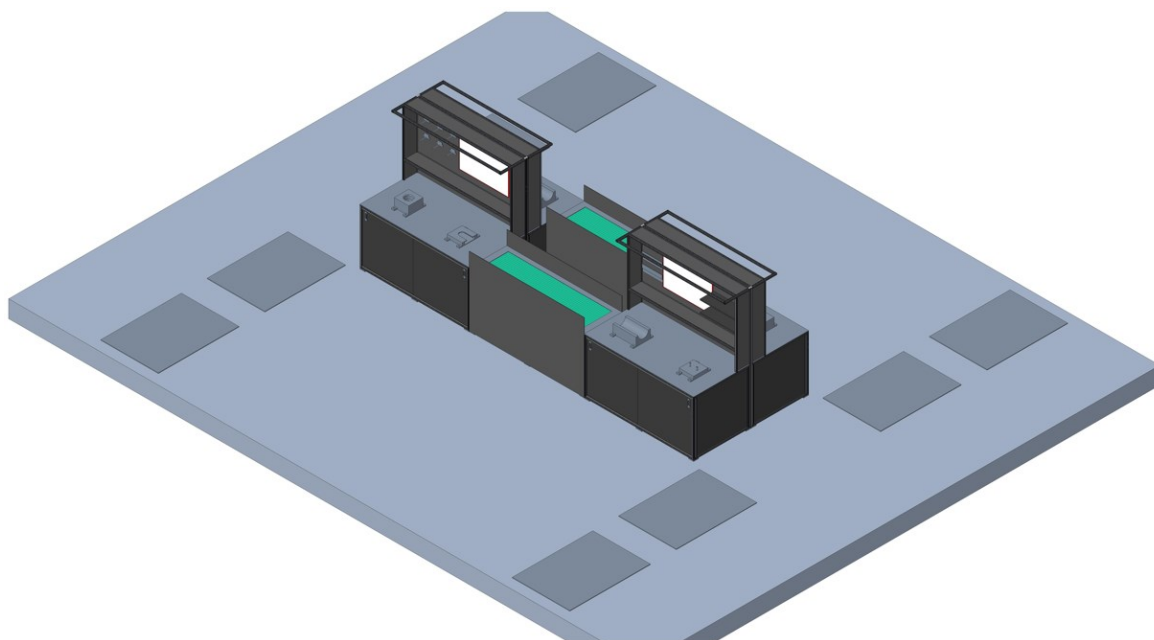


Obrázek 34: Layout nové montážní linky

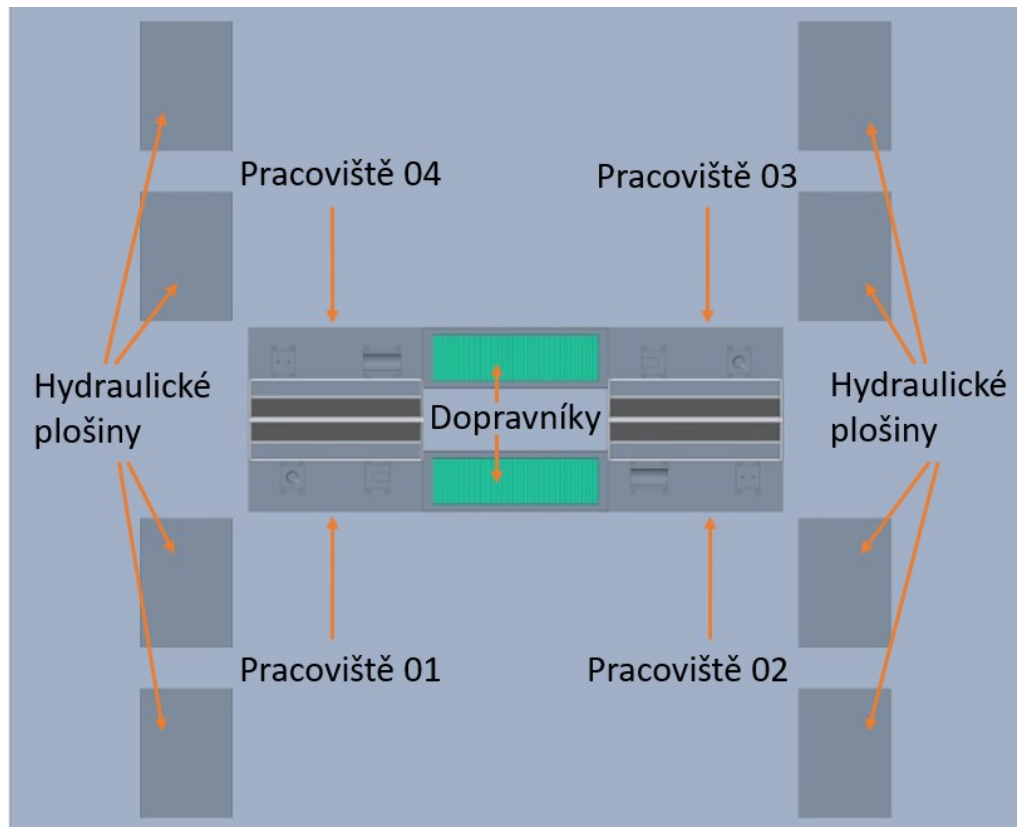
7.2 Modelový návrh celé linky

Z modelového návrhu je patrné, že linka současně vyrábí dva hydraulické válce. Celá linka je dle schématu rozložena na Sektor A a Sektor B. V každém sektoru montážní linky se vyrábí naráz pouze jeden kus. Tok montáže je z důvodu logistiky proti sobě. Pracoviště jsou označena jako Pracoviště 01–04. Pracoviště 01 a Pracoviště 03 jsou naprosto stejná. Stejně

tak i Pracoviště 02 a Pracoviště 04. Dále k jednotlivým pracovištím přibyly zvedací hydraulické plošiny. Z pohledu ergonomie má každý pracovník u svého pracoviště možnost výškově ovládat plošinu, na kterou mu pracovník logistiky umístí paletu s díly. Pracovník se tak již nebude muset tolik fyzicky namáhat a ohýbat pro každý díl, ale může si paletu lehce přizvednout a tím si usnadnit manipulaci s díly. Dále byl mezi jednotlivá pracoviště umístěn dopravník. Ten slouží k transportu jednotlivých dílů mezi pracovišti. Je zde umístěn z důvodu, aby se v případě nevyrovnaných časů upravil takt linky a současně aby nebyl narušován případný manipulační prostor na jednotlivých pracovištích a tím porušena BOZP. Celá montážní linka je navržena pro univerzální využití a je možné jí využít na zcela jinou montáž podobného typu.



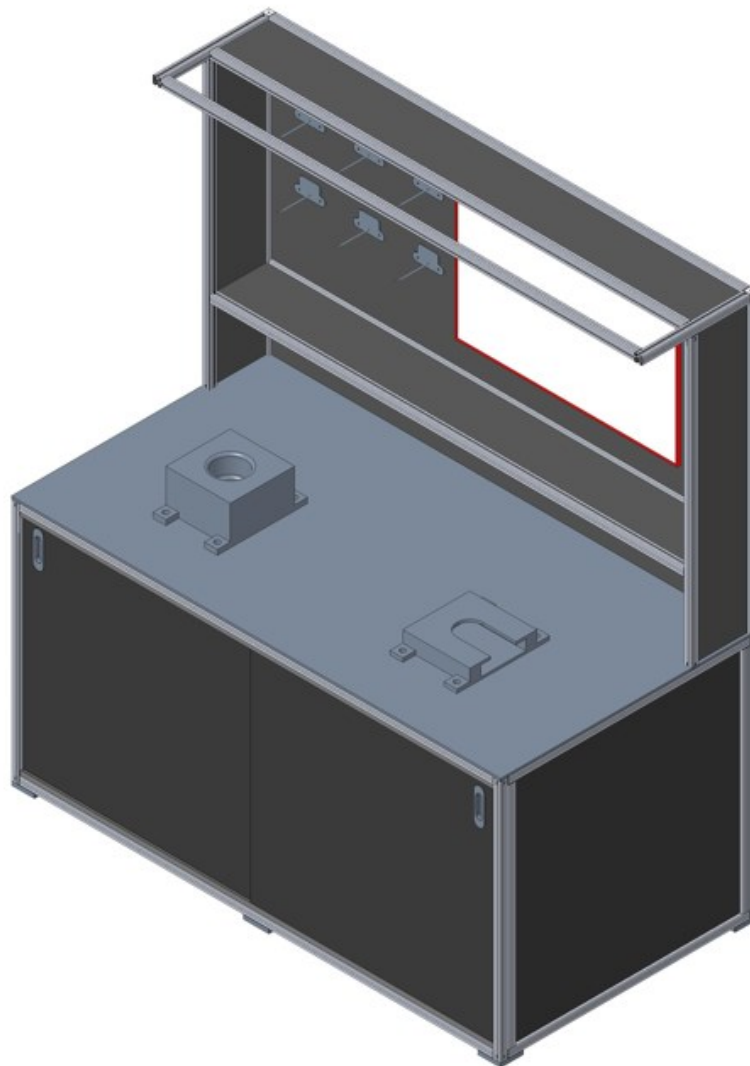
Obrázek 35: 3D model nové montážní linky



Obrázek 36: Popis montážní linky

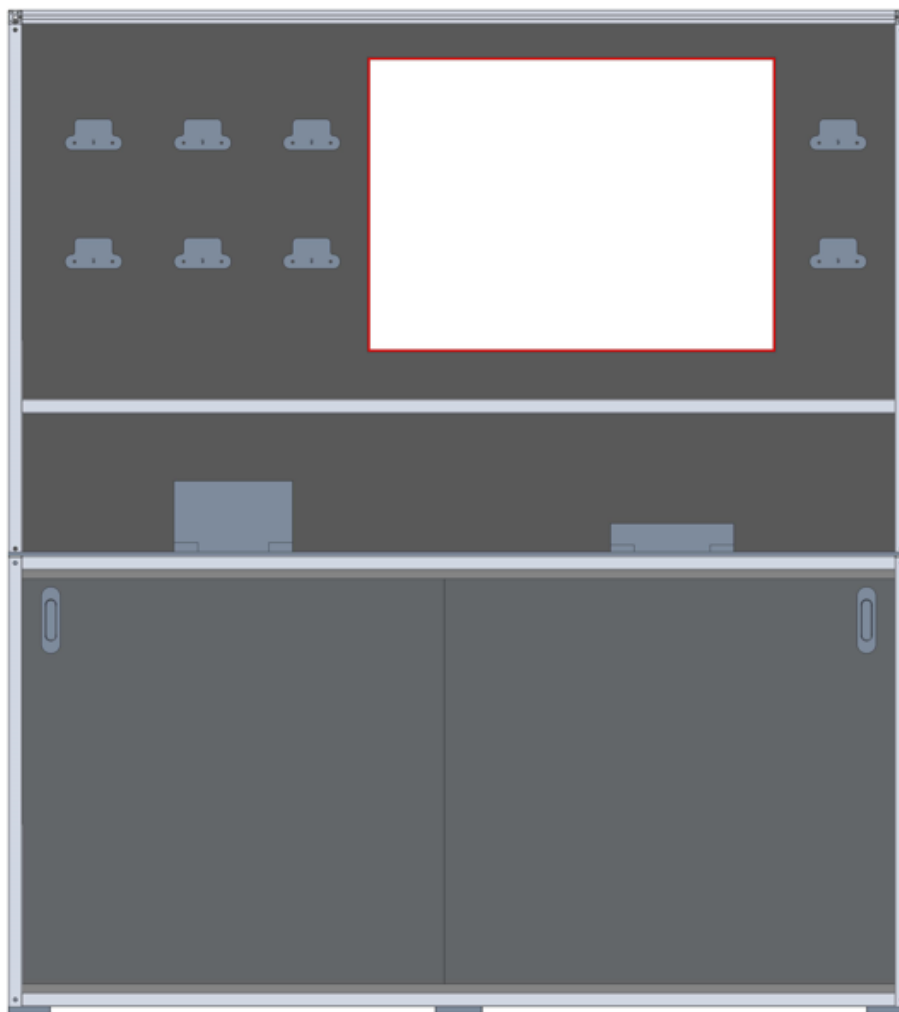
7.3 Pracoviště 01 a 03

Pracoviště 01 a Pracoviště 03 jsou identická. Na těchto pracovištích začínají první montážní operace. Pracoviště jsou osazena dvěma montážními přípravky pro montáž pístu s těsněním a vodícím kroužkem a pro montáž příruby s těsněními a vodícími kroužky, tudíž na jedné polovině probíhá montáž pístu a na druhé polovině poté probíhá montáž příruby (viz. přílohy P III a P IV).

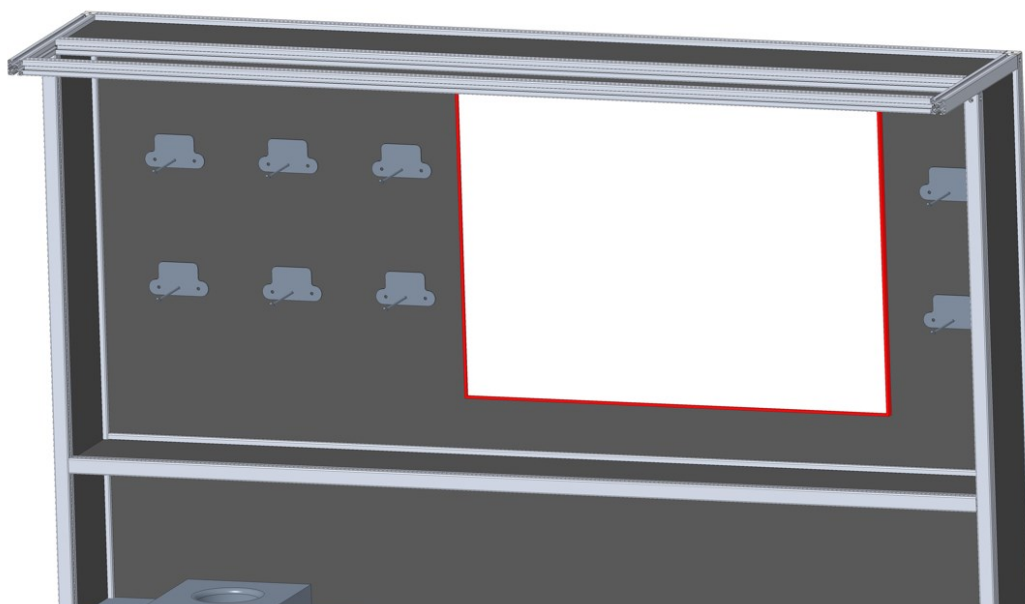


Obrázek 37: 3D pohled na Pracoviště 01 a 03

Dále jsou pracoviště vybavena závěsným systémem, kde si můžou pracovníci připravit zásoby těsnění a vodících kroužků. Také jsou pracoviště vybavena velkou magnetickou tabulí, která může sloužit k připnutí výkresové a technické dokumentace. Je zde také police, která může posloužit jako odkládací plocha například pro odložení krabic s různými nakupovanými drobnými díly. K odložení může pracovník použít spodní skříň s posuvnými dveřmi. Zde můžou být umístěny různé elektro zdroje, nabíječky pro AKU nářadí, náhradní baterie, gola sady apod.



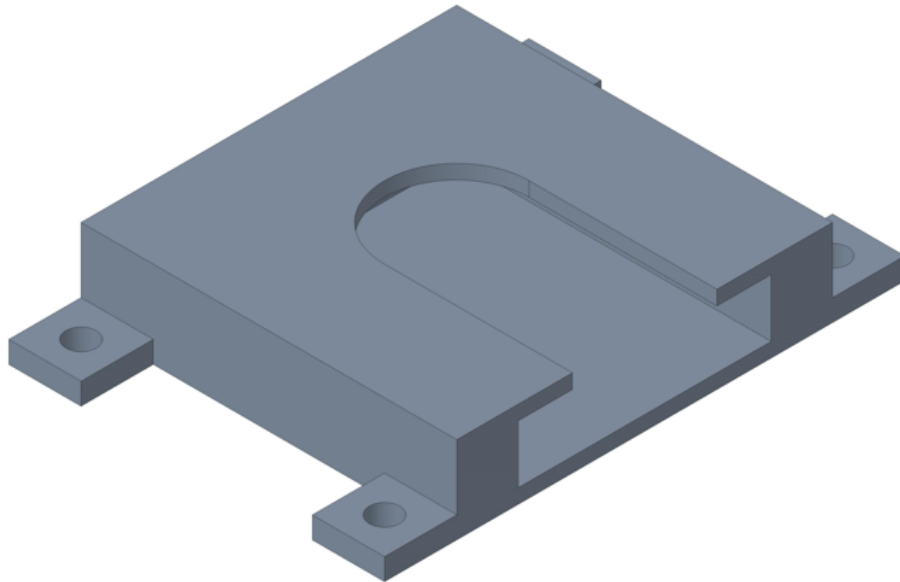
Obrázek 38: Pohled zepředu na Pracoviště 01 a 03



Obrázek 39: Detail horní části Pracoviště 01 a 03

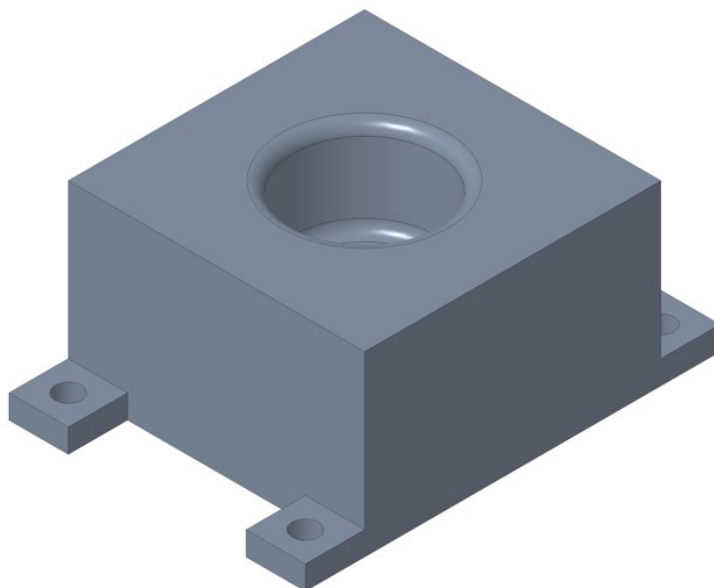
7.3.1 Montážní přípravky

Na pracovištích se využívají montážní přípravky, které by měly značně usnadnit a zrychlit montáž. První montážní přípravek slouží k montáži pístu. Píst se z boční strany vsune do přípravku a tím se zajistí proti volnému upadnutí.



Obrázek 40: Montážní přípravek pro píst

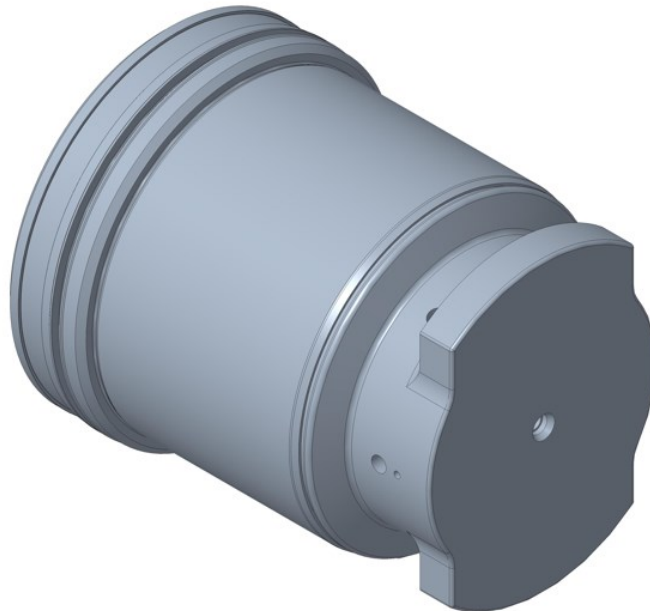
Druhý montážní přípravek pomáhá při montáži příruby. Příruba se do něj vloží menším vnějším průměrem a tím se zabrání svému pohybu po stole. V montážním přípravku lze přírubou libovolně otáčet a tím se usnadní a zrychlí celý montážní proces.



Obrázek 41: Montážní přípravek pro přírubu

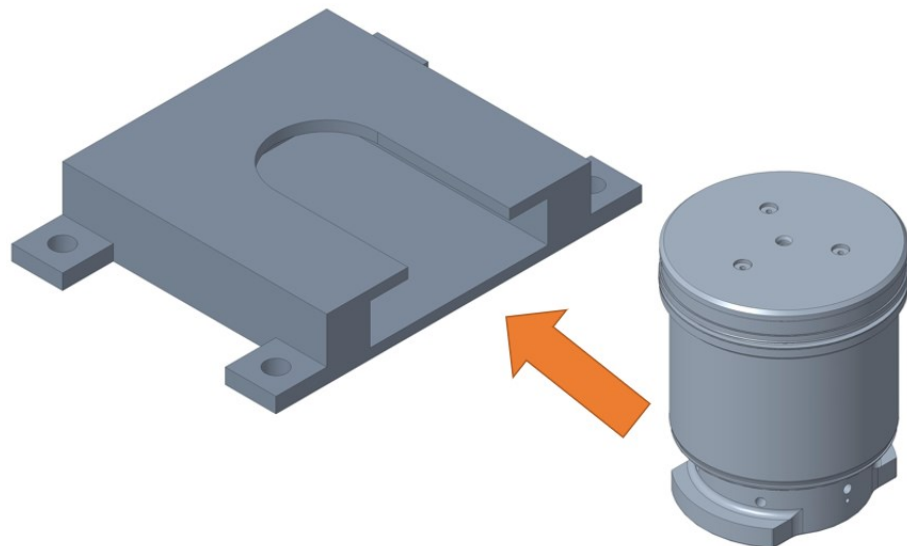
7.3.2 Montážní postup pístu

1. Vzít píst z připravené palety vedle pracoviště.



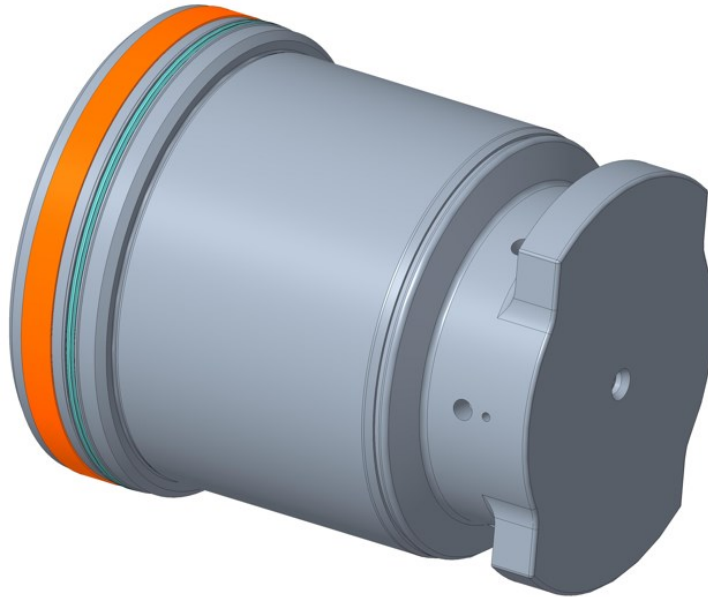
Obrázek 42: Píst

2. Píst umístit do montážního přípravku pro píst.



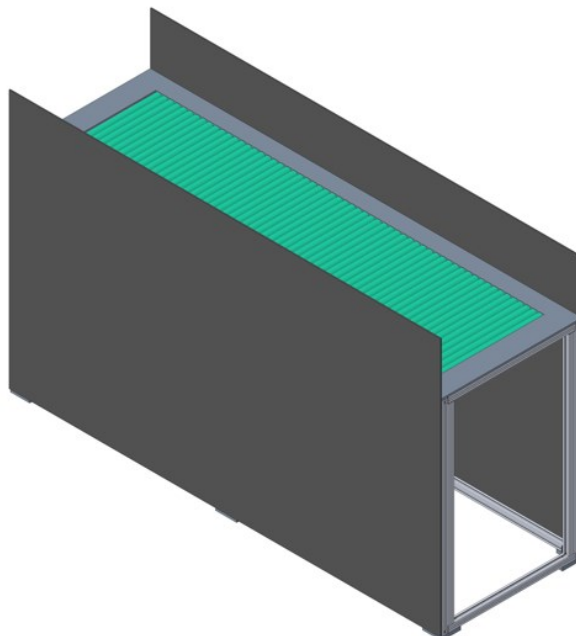
Obrázek 43: Montážní přípravek pro píst

3. Nasunout těsnění.
4. Nasunout vodící kroužek.



Obrázek 44: Píst osazený těsněním (modrá) a vodícím kroužkem (oranžová).

5. Píst osazený těsněním a vodícím kroužkem dopravit pomocí dopravníku na další pracoviště.



Obrázek 45: Dopravník

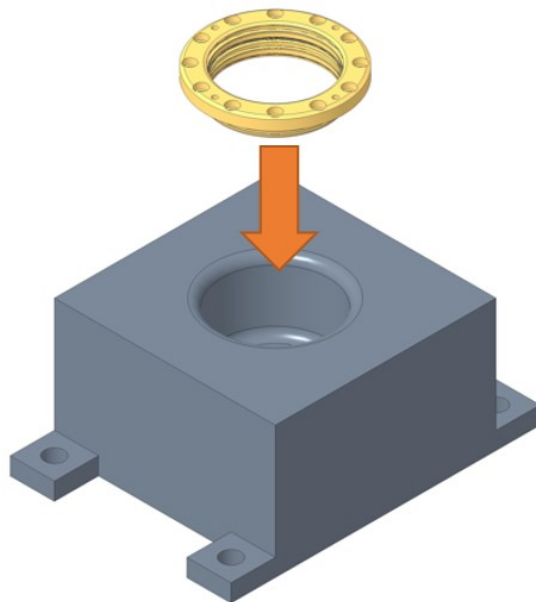
7.3.3 Montážní postup příruby

1. Vzít z připravené palety vedle pracoviště přírubu.



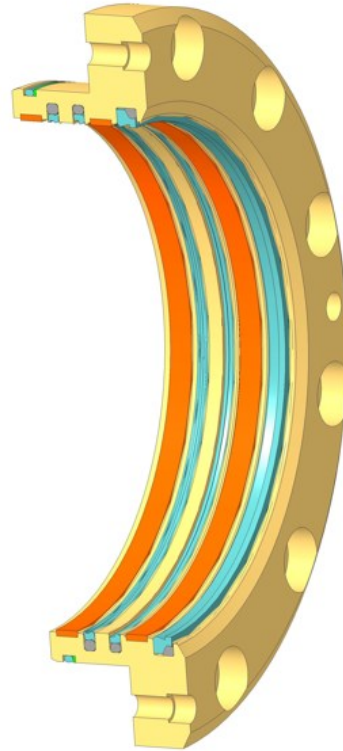
Obrázek 46: Příruba

2. Přírubu umístit do montážního přípravku pro přírubu.



Obrázek 47: Vložení příruby do montážního přípravku

3. Do příruby vsadit všechna těsnění a vodící kroužky.
4. Přírubu vytáhnout z montážního přípravku a osadit poslední vnější těsnění.

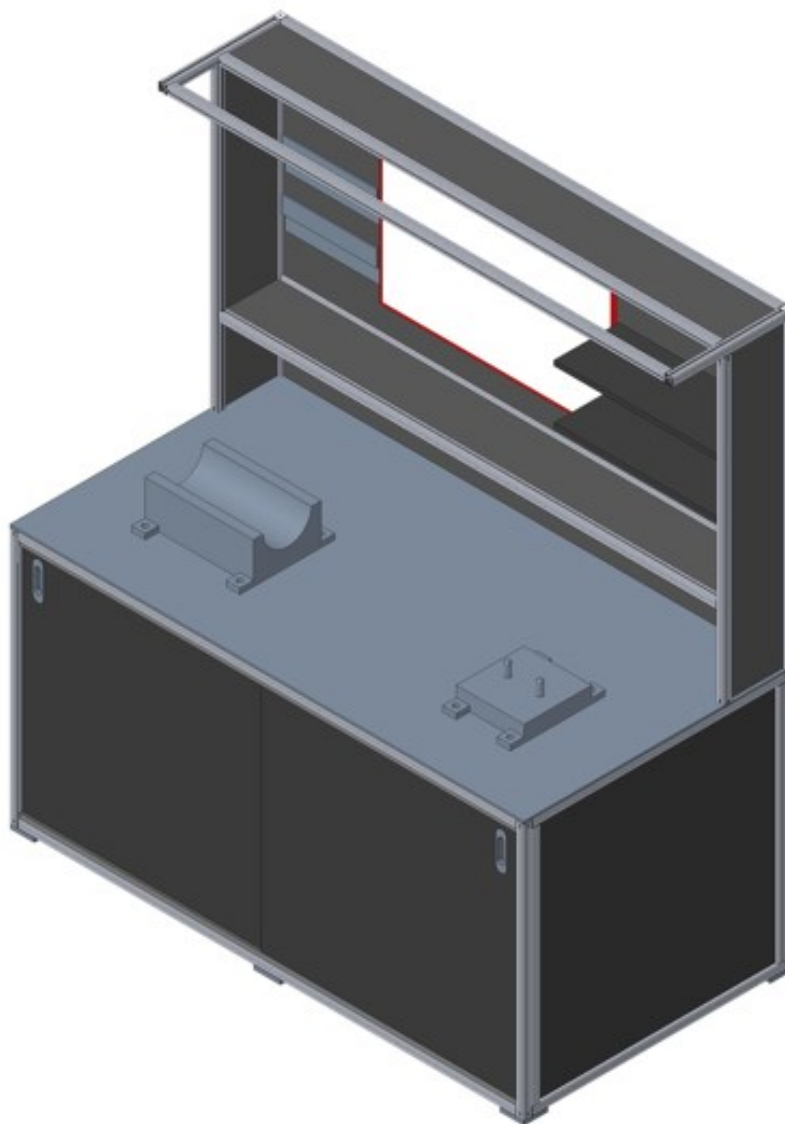


Obrázek 48: Příruba se všemi těsněními a vodícími kroužky v řezu

5. Přírubu osazenou všemi těsněními a vodícími kroužky dopravit pomocí dopravníku na další pracoviště.

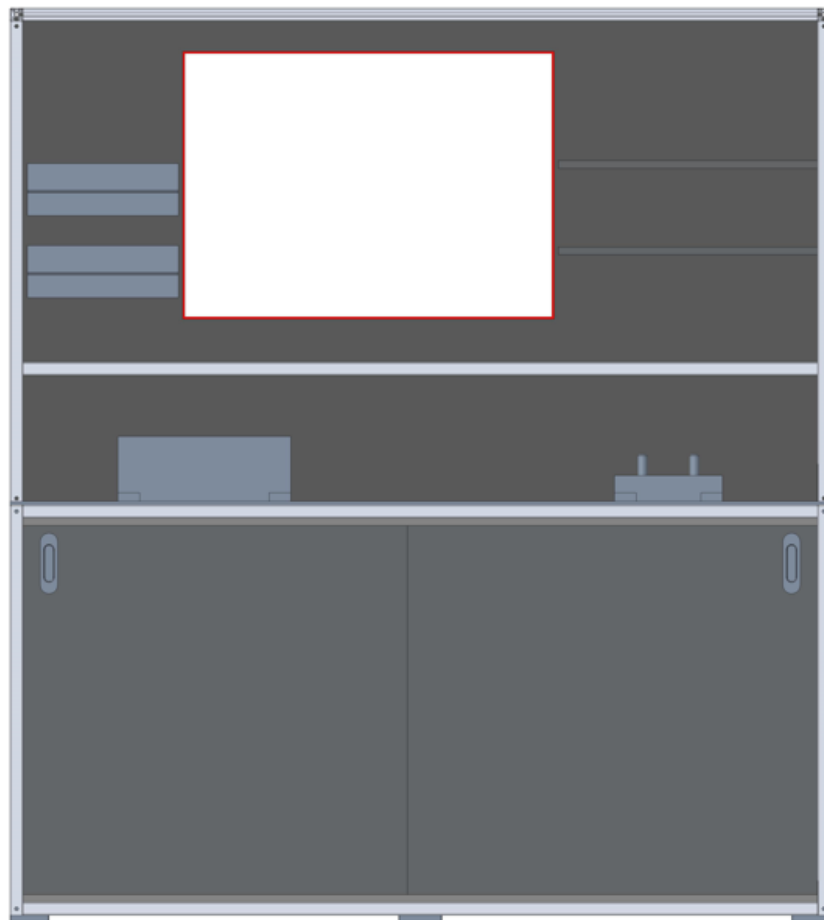
7.4 Pracoviště 02 a 04

Pracoviště 02 a 04 jsou opět úplně identická. Na těchto pracovištích jsou také dvě různé montáže. Na pravé polovině pracoviště se montuje válec, na levé polovině pracoviště se montuje finální produkt – hydraulický válec (viz. přílohy P III a P IV).

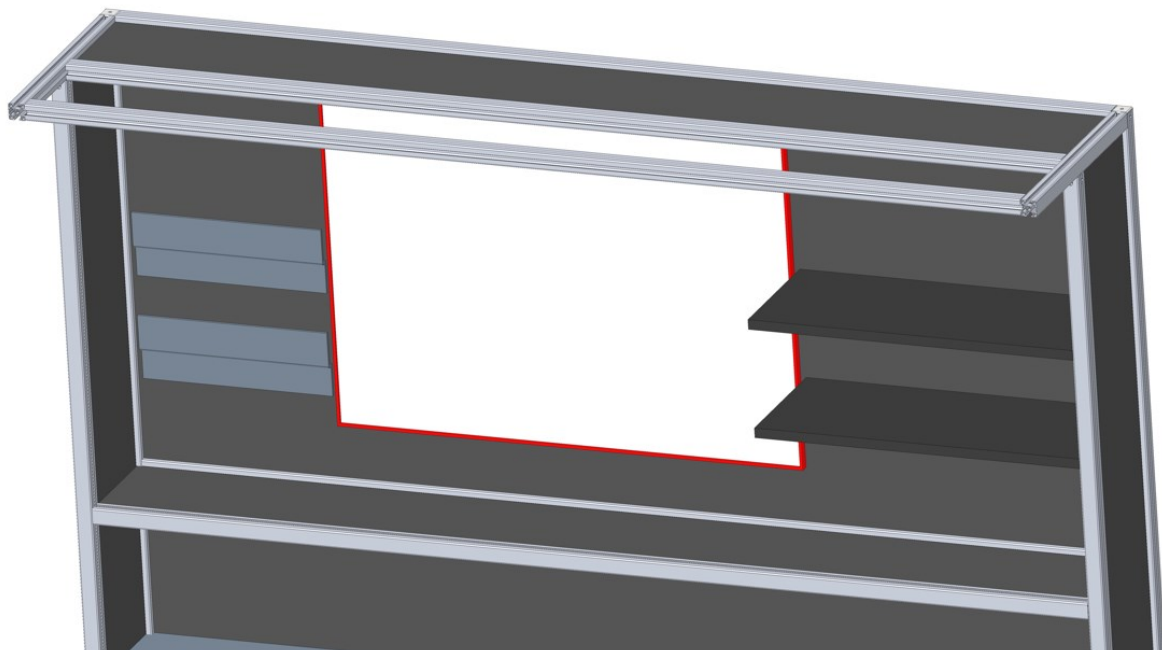


Obrázek 49: 3D pohled na Pracoviště 02 a 04

Pracoviště jsou dále vybavena policovým systémem, které mohou sloužit pro odkládání různých drobných dílů nebo papírových krabic s různými nakupovanými díly (šrouby, matice, čepy, kolíky atd.). Na levé straně pracoviště je na míru zhotovený závěsný systém, kde se můžou zavěšovat speciální boxy různých velikostí. Stejně jako na pracovištích 01 a 03 jsou k dispozici magnetické tabule a spodní skříň s posuvnými dveřmi. Ruční nářadí je stejné jako na prvních pracovištích. Zde jsou navíc jen nářadí s možností regulace utahovacího momentu.



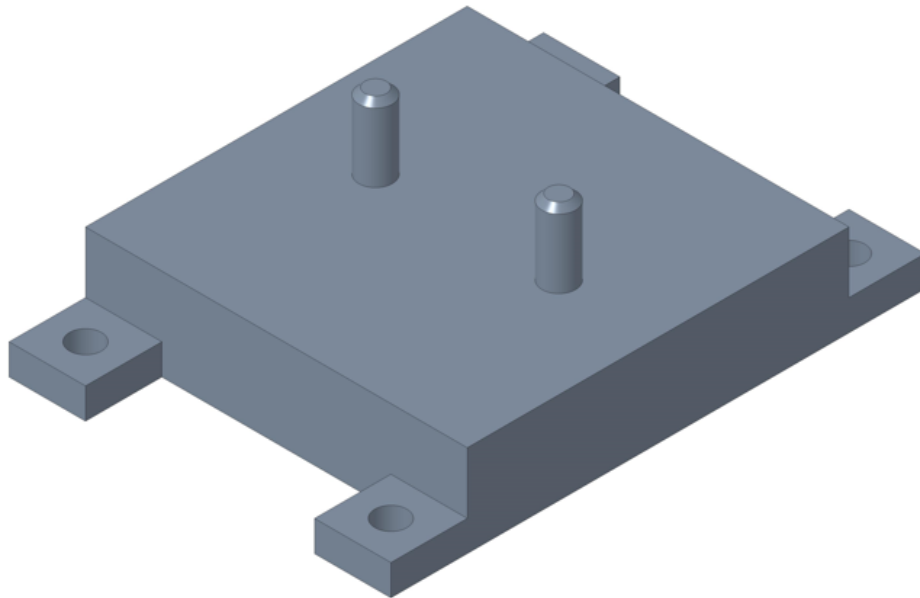
Obrázek 50: Pohled zepředu na Pracoviště 02 a 04



Obrázek 51: Detail horní části Pracoviště 02 a 04

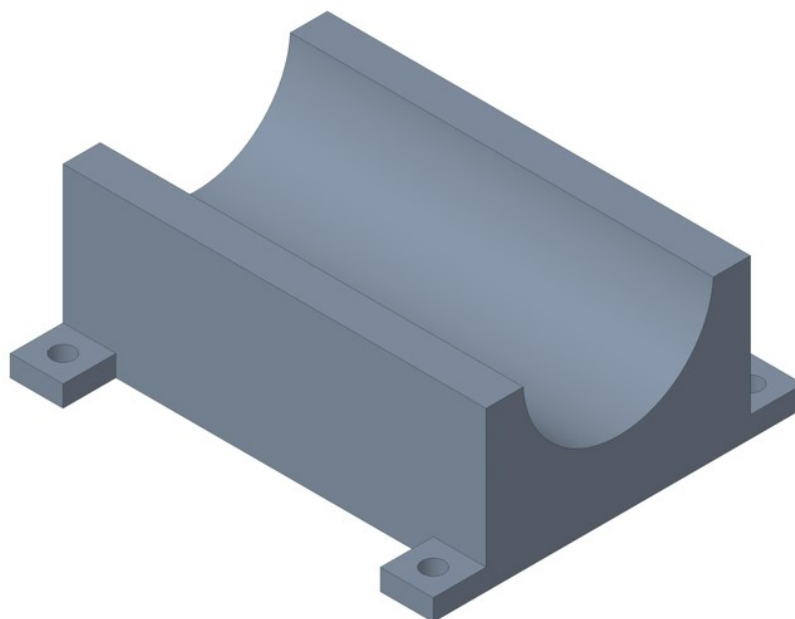
7.4.1 Montážní přípravky

Na pracovištích se využívají montážní přípravky, které usnadňují montáž podstavy a konečné sestavy. První montážní přípravek slouží k montáži válce. Na přípravku jsou dva kolíky, které zabrání svévolnému otočení a posunování válce po stole.



Obrázek 52: Montážní přípravek válce

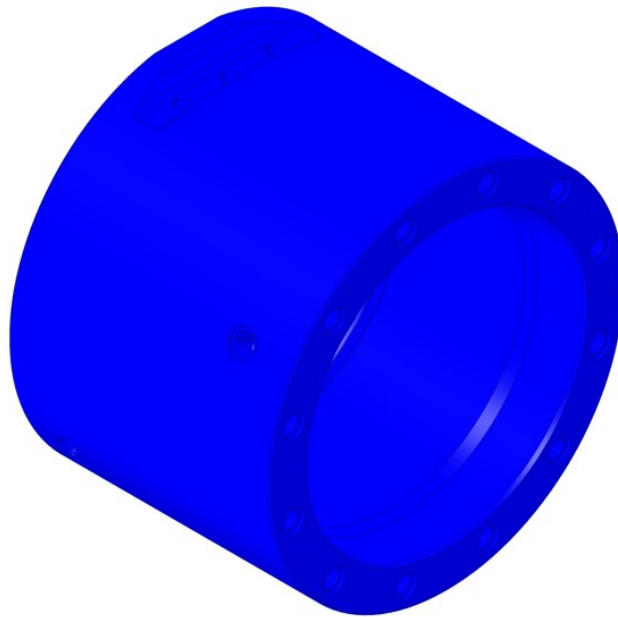
Druhý montážní přípravek pomáhá při montáži celého hydraulického válce. Do přípravku se vloží celý hydraulický válec a v něm se lehce může přišroubovat příruba k válci. V přípravku se může celý válec lehce otáčet, aniž by vypadnul.



Obrázek 53: Montážní přípravek hydraulického válce

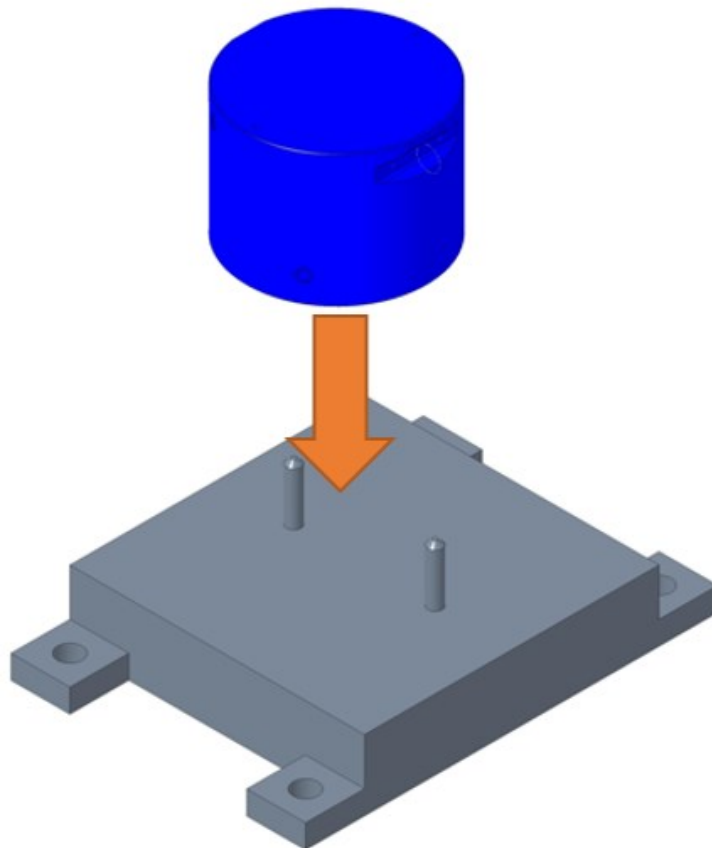
7.4.2 Montážní postup válce

1. Vzít válec z palety.



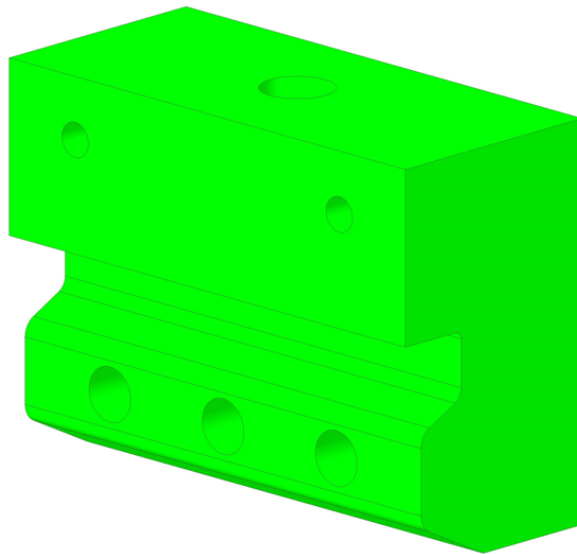
Obrázek 54: Válec

2. Válec umístit do montážního přípravku.



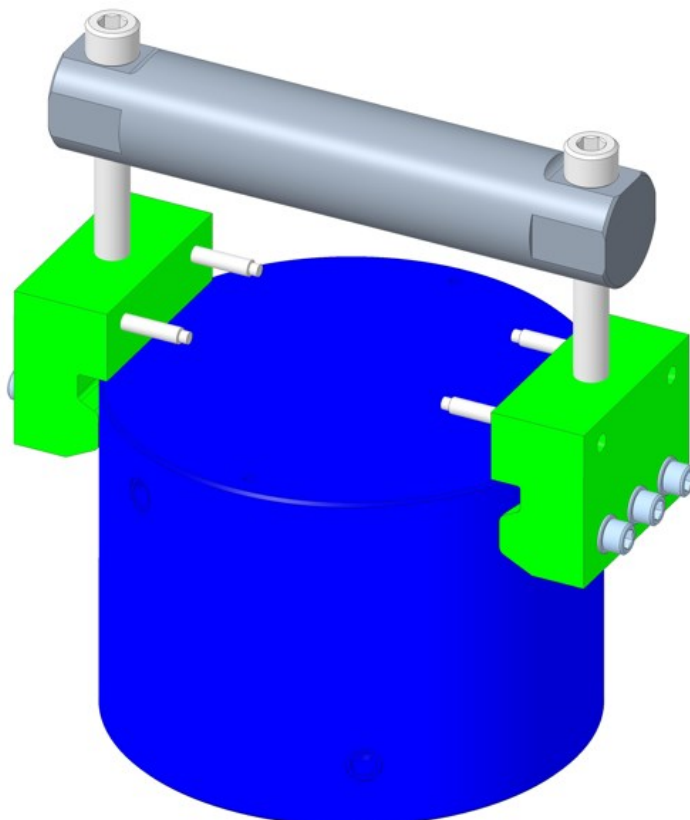
Obrázek 55: Montážní přípravek s válcem

3. Na válec přišroubovat držáky (2ks).



Obrázek 56: Držák na válec

4. Do držáku přišroubovat kolíky a shora dlouhými šrouby přišroubovat závěsný držák.

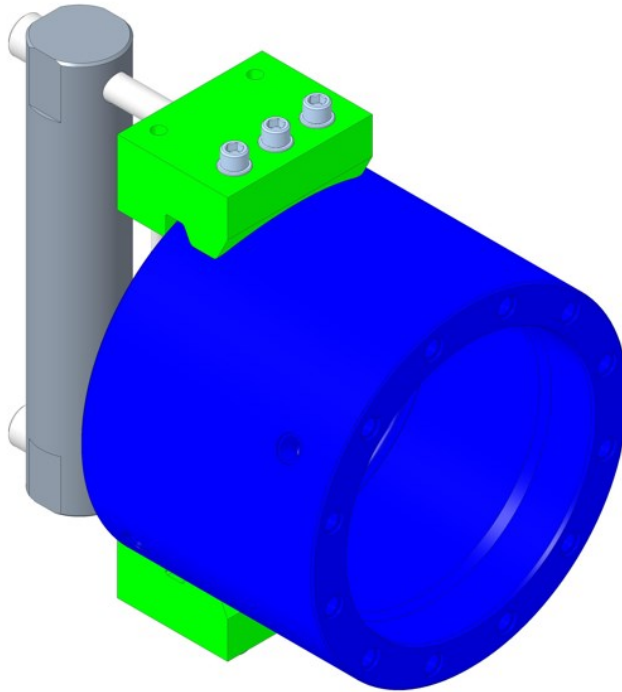


Obrázek 57: Hotový válec

5. Válec přesunout do montážního přípravku hydraulického válce.

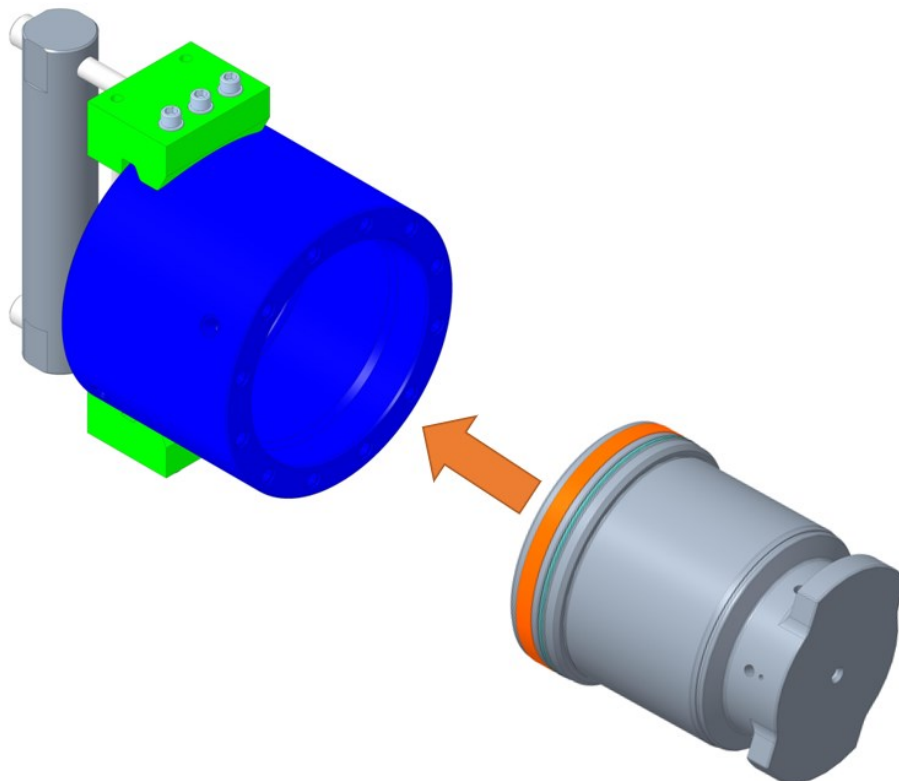
7.4.3 Montážní postup hydraulického válce

1. Vzít válec a umístit ho do montážního přípravku hydraulického válce.



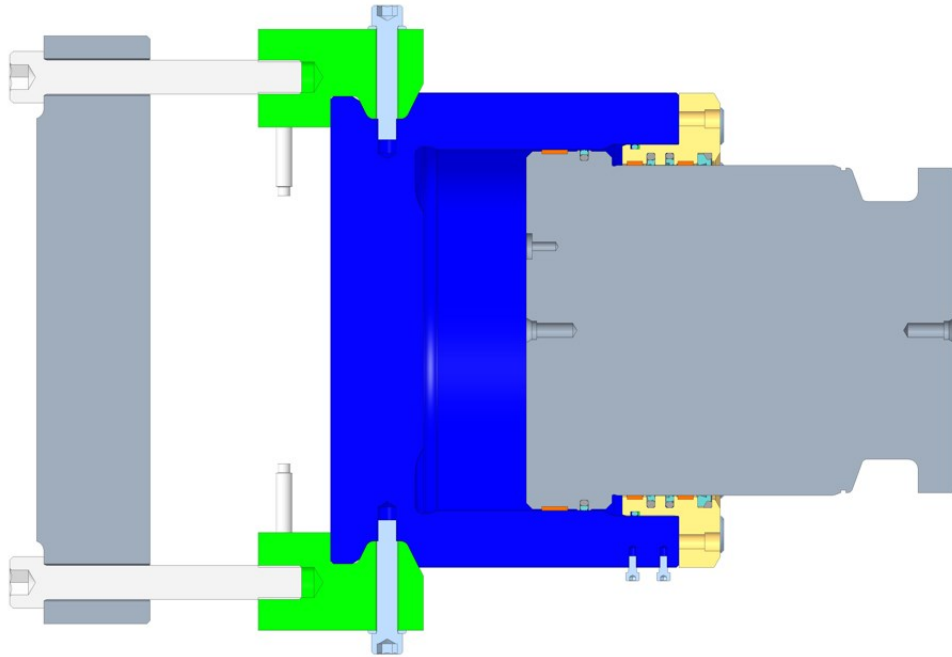
Obrázek 58: Podsestava válce

2. Vzít píst, nanést na něj olej a umístit ho do hydraulického válce.



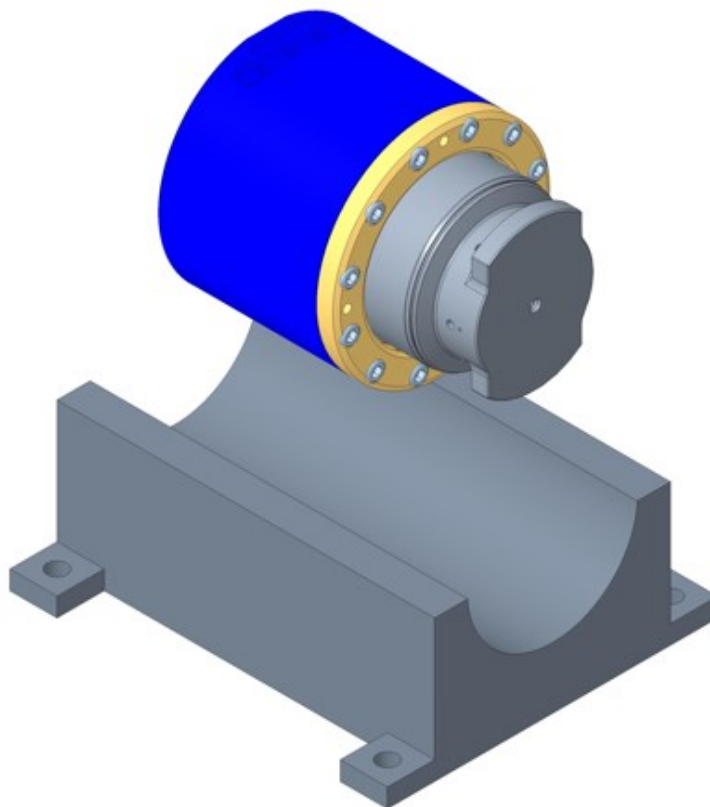
Obrázek 59: Umístění pístu do válce

3. Vzít přírubu, nanést na ni olej a umístit ji opatrně do hydraulického válce.



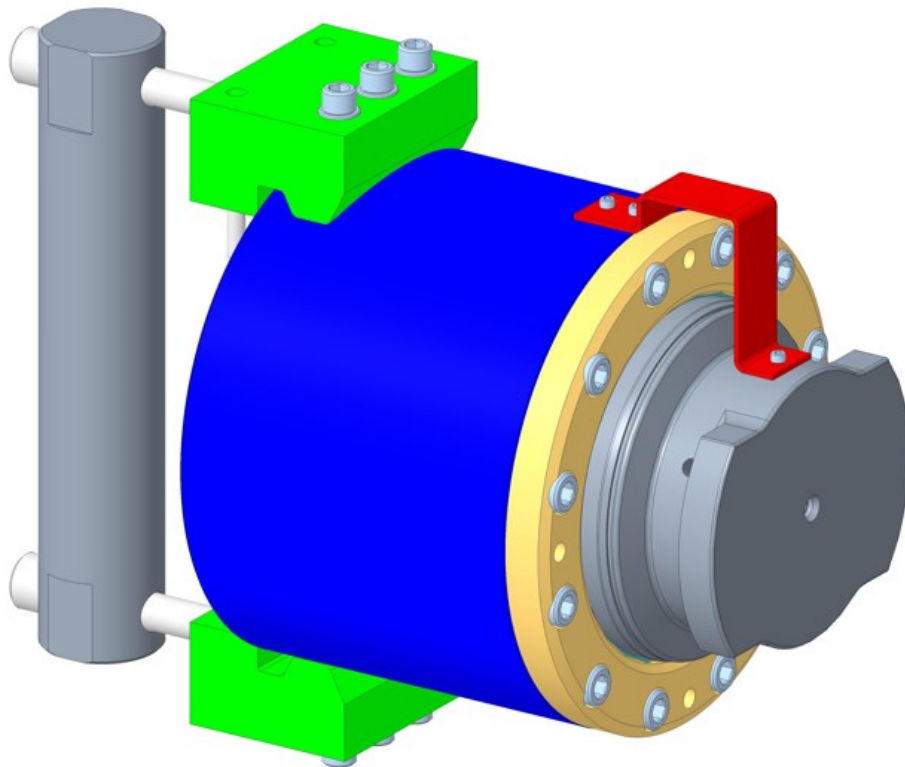
Obrázek 60: Sestava válce bez šroubů v řezu

4. Přírubu a válec sešroubovat dohromady. Použit k tomu nářadí s regulací utahovacího momentu a dotáhnout na předepsanou hodnotu uvedenou na výkresové dokumentaci.



Obrázek 61: Smontovaný válec

5. Nakonec zasunout píst a přišroubovat speciální transportní plech (červená barva) proti svévolnému vysunutí během transportu.



Obrázek 62: Hotový hydraulický válec

6. Smontovaný hydraulický píst umístit do gitterboxu určeného pro balení a export.

7.4.4 Analýza předpokládaných výsledků montážní linky

Po optimalizaci montážní linky je předpoklad, že budou již nastaveny pevné normy, protože doby dodání dílů k montáži budou rovnoměrné. V tabulce níže jsou zapsané první předpoklady pro nastavení normy, které vyplývají z testovacího provozu na původní lince za použití nové optimalizované technologie montáže. Nově by měl celkový čas výroby jednoho hydraulického válce být pevně daných 28 minut a za celou 8 h směnu by mělo být vyrobeno 68ks s předpokládanou chybovostí 2 ks za směnu. Předpokladem celé montážní linky je lehké navýšení produktivity a výraznější snížení špatně vyrobených dílů (chybějící těsnění uvnitř válců). Snížit počet špatně vyrobených dílů lze tím, že pracoviště 02 a 04 budou vizuálně kontrolovat práci, která byla odvedena na pracovištích 01 a 03 a budou mít právo vrátit díl zpět na opravu.

Tabulka 2: Předpokládané výsledky optimalizované montážní linky

	Hlavní čas montáže [min]	Vedlejší čas montáže [min]	Celkový čas montáže [min]	Počet kusů za hodinu [ks]	Počet kusů za směnu [ks]	Procentuální podíl špatných dílů [%]	Celkem špatných dílů za směnu [ks]
Pracoviště 01	9	5	14	4,3	34,3	0	0,00
Pracoviště 02	10	4	14	4,3	34,3	1	0,34
Pracoviště 03	9	5	14	4,3	34,3	0	0,00
Pracoviště 04	10	4	14	4,3	34,3	1	0,34
				Celkem ks za směnu (zaokrouhлено):	68		2

7.5 Ekonomické zhodnocení návrhu

Tato část je zaměřená především na zhodnocení návrhu optimalizace z ekonomického pohledu. V této kapitole jsou odhadem vyčísleny všechny náklady spojené se stavbou nové montážní linky, její ziskovost při výrobě a taky vypočítaná doba návratnosti investice. Všechny ceny jsou uvedeny na základě poptávek u přímých dodavatelů.

7.5.1 Zhodnocení nákladů na optimalizaci

Nejvyšší položkou celé optimalizace jsou bezesporu čtyři nové montážní stanice. Dále jsou tam také započítány náklady na výrobu všech montážních přípravků, dopravníků a hydraulických plošin.

Tabulka 3: Celkové náklady na montážní linku

Název	Pořizovací náklady	Název	Pořizovací náklady	Celkem
Pracoviště 01	450 000,00 Kč	Montážní přípravky	20 000,00 Kč	470 000,00 Kč
Pracoviště 02	450 000,00 Kč	Montážní přípravky	20 000,00 Kč	470 000,00 Kč
Pracoviště 03	450 000,00 Kč	Montážní přípravky	20 000,00 Kč	470 000,00 Kč
Pracoviště 04	450 000,00 Kč	Montážní přípravky	20 000,00 Kč	470 000,00 Kč
Dopravníky	140 000,00 Kč			140 000,00 Kč
Hydraulické plošiny	800 000,00 Kč			800 000,00 Kč
			Celkem:	2 820 000,00 Kč

V tabulce 3 jsou uvedené celkové náklady na výrobu montážní linky. Všechna pracoviště díky své podobnosti jsou odhadována na celkovou částku 470 000 Kč za jedno pracoviště. V této ceně je započítáno samotné pracoviště, jednotlivé montážní přípravy a také vybavenost pracoviště (nářadí, nástroje apod.). Dále položkou v tabulce jsou dopravníky. Jejich cenový odhad je asi 70 000 Kč za jeden kus, resp. 140 000 Kč za dva kusy. Hydraulické plošiny by měly stát asi 800 000 Kč. Tato cena je již dána dodavatelem. Díky dřívější spolupráci je tato cena uvedena již se slevou 15 %. Celková cena celé linky je odhadována na 2 820 000 Kč. Rozpočet daný firmou jsou 3 000 000 Kč.

7.5.2 Ziskovost montážní linky

Firma má již nastavený zisk z jednoho vyrobeného kusu zhruba 369,50 Kč (15 €). Pokud celá linka vyrobí za 1 směnu ideálně požadovaných 69 kusů, pak by měl být zisk (podle tabulky 4 níže) asi 25 865 Kč. Pokud se to převede na celý rok 2022, který čítá asi 252 pracovních dní, vznikne celkový zisk 6 517 980 Kč.

Tabulka 4: Ziskovost montážní linky

	Zisk z 1ks	Zisk za směnu	Zisk za rok
Pracoviště 01	369,50 Kč	12 932,50 Kč	3 258 990,00 Kč
Pracoviště 02			
Pracoviště 03	369,50 Kč	12 932,50 Kč	3 258 990,00 Kč
Pracoviště 04			
Celkem:	739,00 Kč	25 865,00 Kč	6 517 980,00 Kč

7.5.3 Návratnost montážní linky

V tabulce 5 uvedené níže je vypočítaná návratnost investice do montážní linky. Pokud budou dodrženy všechny podmínky uvedené v předchozích kapitolách, měla by se investice vrátit do zaokrouhleně půl roku.

Tabulka 5: Návratnost investice

	Pořizovací náklady	Roční zisk	Návratnost investice [rok]
Montážní linka	2 820 000,00 Kč	6 517 980,00 Kč	0,43

8 POROVNÁNÍ PŮVODNÍ A OPTIMALIZOVANÉ MONTÁŽNÍ LINKY

Podle porovnávací tabulky níže lze optimalizaci doporučit. Výrazně se podařilo zkrátit celkový čas montáž. Současně se taky úspěšně povedlo lehce navýšit celkový počet vyrobených dílů a o skoro 2 % snížit celkový počet špatně vyrobených dílů za směnu.

Tabulka 6: Porovnání původní a nové linky

	Původní montážní linka	Optimalizovaná montážní linka
Hlavní čas montáže [min/ks]	20,25	19
Vedlejší čas montáže [min/ks]	10	9
Celkový čas montáže [min/ks]	30,25	28
Počet kusů za směnu [ks]	65	68
Procentuální podíl špatných kusů [%]	3,25	1,38

8.1 Ergonomie pracovišť

Díky zcela novým pracovištím se podařilo snížit fyzickou námahu na každého pracovníka lehce automatizovaným prostředím v podobě hydraulických dálkově ovládaných plošin na zvednutí materiálu do požadované výšky vyhovující pracovníkovi a vznikla zde možnost si určit pracovní výšku při montáži díky na míru vyrobeným montážním přípravkům, kde si může každý pracovník individuálně určit jejich výšku od stolu pro vlastní pohodlí. Zároveň také bylo vyhověno požadavku úpravy výšky stolu od země. Z původních 70 cm se stůl zvýšil na nových 90 cm.

ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo zanalyzovat původní montážní proces a nalézt možnosti jeho optimalizace tak, aby se stal efektivnějším. Optimalizace byla provedena na základě původních znalostí prostředí, kde byly během montáže odhaleny různé nedostatky. Na základě těchto nedostatků byla navržena nová opatření, která byla důsledně specifikována na montáž dané součásti.

V teoretické části této diplomové práce jsou uvedeny všechny druhy a možnosti optimalizace montážního procesu. Dále je zde uveden jejich vývoj, který v některých případech optimalizace, sahá až do historie. V teoretické části jsou také uvedené různé optimalizační postupy, které mohou být aplikovány na celou firmu, od administrativy přes konstrukci, technologii, až po výrobu Nikoliv jen na výrobu, potažmo montáž.

Praktická část je zaměřena na optimalizaci montážního procesu dílu – hydraulického válce. Optimalizace bylo dosaženo kompletní změnou montážní linky. Z původní stacionární montáže se stala nová pohyblivá montáž. Díky tomu bylo zamezeno chybám během montáže a vznikla tak možnost vizuální kontroly druhou osobou na dalším pracovišti. Nová linka také výrazně snižuje pohyb pracovníků po pracovišti a tím snižuje i jejich únavu, která mohla být jednou z příčin vysokého procenta špatně smontovaných dílů. Současně nová linka také zvyšuje jejich bezpečnost a pohodlí během montáže díky novým pracovištím. Nesmírnou výhodou celé linky je její univerzálnost. Pouhou výměnou montážních přípravků lze zcela přizpůsobit linku na nový typ montážních sestav.

Na původní lince se dosud vyrobilo maximálně 65 ks hydraulických válců za jednu směnu. Na nové lince by se mělo vyrobít až 68 ks. Velkým benefitem je snížení výroby špatných dílů. Z původních 3,25 % vyrobených špatných válců za směnu na nových 1,38 %. Dále by se také měl snížit čas výroby jednoho válce – z původních průměrných 30,25 min na nových pevně daných 28 min.

Z ekonomického hlediska by náklady na novou linku byly zhruba 2 820 000 Kč. Při roční předpokládané ziskovosti linky 6 517 980 Kč by se investice vrátila zhruba do půl roku.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] CROWSON, Richard. *Assembly Processes: Finishing, Packaging, and Automation (The Handbook of Manufacturing Engineering, Second Edition) (Volume 4)*. 2. New York: CRC Press, 2006. ISBN 9780849355653.
- [2] MÁDL, Jan, Antonín ZELENKA a Martin VRABEC. *Technologičnost konstrukce: obrábění a montáže*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03288-4. [3] ABDULMALEK, F.A. a J. RAJGOPAL. Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: a process sector case study. *Journal of Production Economics*. 2007, **107**(1), 223-236.
- [4] BATTINI, D., N. BOYSEN a S. EMDE. Just-in-Time supermarkets for part supply in the automobile industry. *Journal of Management Control*. 2013, **24**(2), 209-217.
- [5] VOEHL, Frank, H. James HARRINGTON, Chuck MIGNOSA a Rich CHARRON. *The Lean Six Sigma Black Belt Handbook: Tools and Methods for Process Acceleration*. 1. London: Productivity Press, 2013. ISBN 9781466554689.
- [6] LEDBETTER, Phillip. *The Toyota Template: The Plan for Just-In-Time and Culture Change Beyond Lean Tools*. 1. London: Productivity Press; Taylor and Francis, 2018. ISBN 9781351263726.
- [7] STERN, Terra Vazant. *Lean And Agile Project Management: How To Make Any Project Better, Faster, And More Cost Effective*. 1. London: Productivity Press, 2016. ISBN 9781498739160.
- [8] HIRANO, Hiroyuki. *JIT Implementation Manual -- The Complete Guide to Just-In-Time Manufacturing: Volume 5 -- Standardized Operations -- Jidoka and Maintenance Safety*. 2. London: Productivity Press, 2009. ISBN 9781420090307.
- [9] BOOTHROYD, G., Peter DEWHURST a W.A. KNIGHT. *Product design for manufacture and assembly*. 3. Boca Raton: CRC Press, 2011. ISBN 9781420089271.
- [10] MCGOVERN, Kate. *A public-sector journey to lean: fighting muda in times of muri*. 1. Boca Raton: CRC Press, 2019. ISBN 9781351008242.
- [11] VOLKO, Vladimír. *Volko.cz* [online]. [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: http://www.volko.cz/new/slovník_vykonnosti.php?ID_term=15

- [12] Svět produktivity. *Svetproduktivity.cz* [online]. [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: <https://www.svetproduktivity.cz/slovník/Kaizen.htm>
- [13] KATO, Isao a Art SMALLEY. *Toyota Kaizen Methods : Six Steps to Improvement*. 1. London: CRC Press, 2010. ISBN 9781439884003.
- [14] SKARIN, Mattias. *Real-World Kanban: Do Less, Accomplish More with Lean Thinking*. Paperback. Dallas: Pragmatic Bookshelf, 2015. ISBN 9781439884003.
- [15] MACHÁČKOVÁ, Eva a Zdeněk MACHÁČEK. System online. *Systemonline.cz* [online]. [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/rizeni-projektu/kanban-pro-efektivni-rizeni-prace-v-ramci-tymu.htm>
- [16] MYŠKA, Jakub. System online. *E-api.cz* [online]. [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: https://www.e-api.cz/wcd/docs/vzdelavani/cespi-xvii/blokix/cespivsmteorie_2018-03-09_tisk.pdf
- [17] KOŠTURIÁK, J., FROLÍK, Z. *Štíhlý a inovativní podnik*. 1. vyd. Praha: Alfa Publishing, 2006. 237 s. ISBN 80-86851-38-9.
- [18] ONDRA, Pavel. Průmyslové inženýrství. *Prumysloveinzenyrstvi.cz* [online]. [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: <https://www.prumysloveinzenyrstvi.cz/smed-5-trikrokovy-realizace-metody-jeji-prinosy/>
- [19] BORRIS, Steve. *Total Productive Maintenance*. 1. Chicago: McGraw-Hill Education, 2005. ISBN 9780071589260.
- [20] GUPTA, Kapil a Munish Kumar GUPTA. *Optimization of Manufacturing Processes*. 1. New York: Springer International Publishing, 2020. ISBN 978-3-030-19637-0.
- [21] SOVA, František. *Technologie obrábění a montáže*. 3. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2001. ISBN 80-708-2823-4.
- [22] Equisort. *Equisort.cz* [online]. [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: https://www.equisort.cz/dilensky-stul-profi-skrinka-d1-170-x-84-x-70-cm?gclid=Cj0KCQjw37iTBhCWARIsACBt1IxLyckRc2Sy2SRobia15C_oUIJzHMIM4Xw3SGmEdcm2JTjVp9En6QoaAhXBEALw_wcB

- [23] ZELENKA, Antonín a Mirko KRÁL. *Projektování výrobních systémů*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1995. ISBN 80-010-1302-2.
- [24] Trend. *Trend.sk* [online]. [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: <https://www.trend.sk/spravy/vyrobu-aut-celom-svete-komplikuje-nedostatok-cipov>
- [25] PETRŮ, Jana a Robert ČEP. *Základy montáže: učební text*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2012. ISBN 978-80-248-2773-5.
- [26] Metody a nástroje | API Akademie. API - Akademie produktivity a inovací [online]. Copyright © 2005 [cit. 20.04.2022]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/24882-metody-anastroje>
- [27] ŘEPA, Václav. *Podnikové procesy: procesní řízení a modelování. 2., aktualiz. a rozš. vyd.* Praha: Grada, 2007. Management v informační společnosti. ISBN 978-80-247-2252- 8.
- [29] SVOZILOVÁ, Alena. *Zlepšování podnikových procesů*. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3938-0.
- [30] ŠIMONOVÁ, Stanislava. *Modelování procesů a dat pro zvyšování kvality*. Pardubice: Univerzita Pardubice, Fakulta ekonomicko-správní, 2009. ISBN 978-80-7395-205-1.
- [31] VOJTOVIČ, Sergej. *Koncepce personálního řízení a řízení lidských zdrojů*. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3948-9.
- [32] ZELENKA, Antonín a Vratislav PRECLÍK. *Racionalizace výroby*. V Praze: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 8001028704.
- [33] NOVÁK, Josef a Pavlína ŠLAMPOVÁ. *Racionalizace výroby* [online]. Ostrava, 2007 [cit. 2020-2-2]. Dostupné z: <http://www.fs.vsb.cz/euprojekty/414/racionalizace-vyroby.pdf>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PDCA	Plan Do Check Act
JIT	Just In Time
DFMA	Design For Manufacturing and Assembly
DFA	Design For Assembly
DMAIC	Define Measure Analyze Improve Control
DFM	Design For Manufacture
cm	centimetr
min	minuta
h	hodina
ks	kus
min/ks	počet minut na jeden kus
hydr.	Hydraulický
BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví pracovníka
m ²	metr čtvereční

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Výhody a nevýhody ruční montáže.....	12
Obrázek 2: Výhody a nevýhody mechanizované montáže	12
Obrázek 3: Výhody a nevýhody automatizované montáže	13
Obrázek 4: Montážní činnosti.....	14
Obrázek 5: Schéma technicko-organizační formy montáže [2].....	15
Obrázek 6: Soustředěná montáž	16
Obrázek 7: Rozčleněná montáž	17
Obrázek 8: Předmětná montáž.....	18
Obrázek 9: Proudová montáž.....	18
Obrázek 10: Linková montáž.....	19
Obrázek 11: Přehled metod štíhlé výroby.....	20
Obrázek 12: Základní pilíře štíhlého podniku [26].....	22
Obrázek 13: Podíl oddělení na jednom výrobku [9].....	24
Obrázek 14: Schéma DMAIC [29]	27
Obrázek 15: Znázornění pojmů Muri, Muda a Mura [11].....	29
Obrázek 16: Graf použití metody Kaizen [12]	30
Obrázek 17: Ukázka metody kanban [15]	32
Obrázek 18: Ukázka metody VSM [16]	33
Obrázek 19: Zobrazení úspor nákladů SMED metodou [18]	34
Obrázek 20: Schéma TPM.....	36
Obrázek 21: Cíle optimalizace [27].....	37
Obrázek 22: Hydraulický dvoucestný válec	43
Obrázek 23: Dílenský stůl, ilustrační foto [34].....	44
Obrázek 24: Schéma montážní linky	45
Obrázek 25: Schématické trasování krajního pracovníka.....	46
Obrázek 26: Píst.....	47
Obrázek 27: Píst s těsněním a vodícím kroužkem.....	47
Obrázek 28: Příruba	47
Obrázek 29: Příruba s těsněními a stíracími kroužky	48
Obrázek 30: Válec	48
Obrázek 31: Válec se závěsným držákem	49
Obrázek 32: Složený hydraulický válec v řezu	49
Obrázek 33: Hotový hydraulický válec	50
Obrázek 34: Layout nové montážní linky.....	51

Obrázek 35: 3D model nové montážní linky	52
Obrázek 36: Popis montážní linky	53
Obrázek 37: 3D pohled na Pracoviště 01 a 03	54
Obrázek 38: Pohled zepředu na Pracoviště 01 a 03	55
Obrázek 39: Detail horní části Pracoviště 01 a 03	55
Obrázek 40: Montážní přípravek pro píst	56
Obrázek 41: Montážní přípravek pro přírubu	56
Obrázek 42: Píst	57
Obrázek 43: Montážní přípravek pro píst	57
Obrázek 44: Píst osazený těsněním (modrá) a vodícím kroužkem (oranžová).	58
Obrázek 45: Dopravník	58
Obrázek 46: Příruba	59
Obrázek 47: Vložení příruby do montážního přípravku	59
Obrázek 48: Příruba se všemi těsněními a vodícími kroužky v řezu	60
Obrázek 49: 3D pohled na Pracoviště 02 a 04	61
Obrázek 50: Pohled zepředu na Pracoviště 02 a 04	62
Obrázek 51: Detail horní části Pracoviště 02 a 04	62
Obrázek 52: Montážní přípravek válce	63
Obrázek 53: Montážní přípravek hydraulického válce	63
Obrázek 54: Válec	64
Obrázek 55: Montážní přípravek s válcem	64
Obrázek 56: Držák na válec	65
Obrázek 57: Hotový válec	65
Obrázek 58: Podsestava válce	66
Obrázek 59: Umístění pístu do válce	66
Obrázek 60: Sestava válce bez šroubů v řezu	67
Obrázek 61: Smontovaný válec	67
Obrázek 62: Hotový hydraulický válec	68

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Analýza původní linky.....	45
Tabulka 2: Předpokládané výsledky optimalizované montážní linky	69
Tabulka 3: Celkové náklady na montážní linku	69
Tabulka 4: Ziskovost montážní linky	70
Tabulka 5: Návratnost investice	70
Tabulka 6: Porovnání původní a nové linky	71

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Původní celkový kusovník hydr. válce

Příloha P II: Původní montážní návod

Příloha P III: Dělení kusovníku pro jednotlivá pracoviště

Příloha P IV: Nové montážní návody pro jednotlivá pracoviště

PŘÍLOHA P I: PŮVODNÍ CELKOVÝ KUSOVNÍK HYDR. VÁLCE

00-0100-06-80-76		Cylinder - complete		
Position	Material No.	Designation	Quantity	Mtyp
10	00-0100-04-52-69	Piston	1	PART
20	00-0100-23-12-16	Piston seal 35032981	1	PURP
30	00-0100-04-95-50	Piston guide ring 350342245	1	PURP
40	00-0100-04-52-71	Stuffing box	1	PART
50	00-0100-04-85-71	Rod guide ring 320328148	2	PURP
60	00-0100-22-55-00	Rod seal 32034481	1	PURP
70	00-0100-22-55-01	Rod seal 32034482	1	PURP
80	00-0100-04-85-67	Scraper 32034414	1	PURP
90	00-0100-04-95-52	Support ring 360351617	1	PURP
100	00-0100-04-95-51	O-ring 32957533	1	PURP
110	00-0100-04-52-67	Cylinder tube	1	PART
120	00-0100-06-29-21	Bolt for double acting cyl.	1	PART
130	00-0100-06-32-60	Holder DA-UCH	2	PART
140	00-0100-06-31-88	Cylindrical screw M33x250-8.8	2	PURP
150	00-0100-00-25-93	Washer 21-37-3	6	PURP
160	00-0100-04-51-44	Threaded pin M16x80-10.9	4	PURP
170	00-0100-00-08-47	Cylindrical screw M20x110-8.8	6	PURP
180	00-0100-04-52-67	Cylinder tube	1	PART
190	00-0100-06-29-21	Bolt for double acting cyl.	1	PART
200	00-0100-06-32-60	Holder DA-UCH	2	PART
210	00-0100-06-31-88	Cylindrical screw M33x250-8.8	2	PURP
220	00-0100-00-25-93	Washer 21-37-3	6	PURP
230	00-0100-04-51-44	Threaded pin M16x80-10.9	4	PURP
240	00-0100-00-08-47	Cylindrical screw M20x110-8.8	6	PURP

PŘÍLOHA P II: PŮVODNÍ MONTÁŽNÍ NÁVOD

Montážní návod						
Hl. číslo sestavy		Revize	Pracoviště:		Linka 01	
00-0100-06-80-76		0	Navrhl:		Datum:	
			Schválil:		Datum:	
Pořadí	Popis jednotlivých montážních úkonů					
1.	Vzít první díl – píst.					
2.	Na píst navléct 1x těsnění a 1x vodící kroužek.					
3.	Píst odložit bokem a vzít si přírubu.					
4.	Dovnitř příruby umístit těsnění a stírací kroužky.					
5.	Přírubu odložit a vzít válec.					
6.	Na válec namontovat držáky a do nich namontovat závěsný držák pomocí dlouhých šroubů.					
7.	Válec položit na stůl, vzít si píst osazený těsněním a vodícím kroužkem a vložit dovnitř válce. Během montáže používat předepsaný olej ke snížení tření.					
8.	Poté opatrně a vodorovně přiložit přírubu a tu přišroubovat k válci. Během montáže používat předepsaný olej ke snížení tření.					
9.	Píst zajistit proti vysunutí během transportu plechem (červené barvy), který přišroubovat do otvorů na vnějších stranách pístu a válce.					

**PŘÍLOHA P III: DĚLENÍ KUSOVNÍKU PRO JEDNOTLIVÁ
PRACOVIŠTĚ**

Pracoviště 01 A / 03 B				
00-0100-04-52-68		Piston with seals		
Position	Material No.	Designation	Quantity	Mtyp
10	00-0100-04-52-69	Piston	1	PART
20	00-0100-23-12-16	Piston seal 35032981	1	PURP
30	00-0100-04-95-50	Piston guide ring 350342245	1	PURP
00-0100-04-52-70		Stuffing box with seals		
Position	Material No.	Designation	Quantity	Mtyp
10	00-0100-04-52-71	Stuffing box	1	PART
20	00-0100-04-85-71	Rod guide ring 320328148	2	PURP
30	00-0100-22-55-00	Rod seal 32034481	1	PURP
40	00-0100-22-55-01	Rod seal 32034482	1	PURP
50	00-0100-04-85-67	Scraper 32034414	1	PURP
60	00-0100-04-95-52	Support ring 360351617	1	PURP
70	00-0100-04-95-51	O-ring 32957533	1	PURP

Pracoviště 02 A / 04 B				
00-0100-06-80-76		Cylinder - complete		
Position	Material No.	Designation	Quantity	Mtyp
10	00-0100-04-52-66	Cylinder tube - complete	1	ASMB
20	00-0100-04-52-68	Piston with seals	1	ASMB
30	00-0100-04-52-70	Stuffing box with seals	1	ASMB
40	00-0100-04-98-70	Locking plate	1	PART
50	00-0100-00-02-73	Cylindrical screw M24x55-8.8	12	PURP
60	00-0100-00-04-41	Cylindrical screw M8x16-8.8	3	PURP
00-0100-04-52-66		Cylinder tube - complete		
Position	Material No.	Designation	Quantity	Mtyp
10	00-0100-04-52-67	Cylinder tube	1	PART
20	00-0100-06-29-21	Bolt for double acting cyl.	1	PART
30	00-0100-06-32-60	Holder DA-UCH	2	PART
40	00-0100-06-31-88	Cylindrical screw M33x250-8.8	2	PURP
50	00-0100-00-25-93	Washer 21-37-3	6	PURP
60	00-0100-04-51-44	Threaded pin M16x80-10.9	4	PURP
70	00-0100-00-08-47	Cylindrical screw M20x110-8.8	6	PURP

PŘÍLOHA P IV: NOVÉ MONTÁŽNÍ NÁVODY PRO JEDNOTLIVÁ PRACOVIŠTĚ

Montážní návod					
Hl. číslo sestavy	Revize	Pracoviště:		01 A / 03 B	
00-0100-04-52-68	0	Navrhl:		Datum:	
		Schválil:		Datum:	
Pořadí	Popis jednotlivých montážních úkonů				
1.	Vzít píst z připravené palety vedle pracoviště.				
2.	Píst umístit do montážního přípravku pro píst.				
3.	Nasunout těsnění.				
4.	Nasunout vodící kroužek.				
5.	Píst osazený těsněním a vodícím kroužkem dopravit pomocí dopravníku na další pracoviště.				

Montážní návod					
Hl. číslo sestavy	Revize	Pracoviště:		01 A / 03 B	
00-0100-04-52-70	0	Navrhl:		Datum:	
		Schválil:		Datum:	
Pořadí	Popis jednotlivých montážních úkonů				
1.	Vzít z připravené palety vedle pracoviště přírubu.				
2.	Přírubu umístit do montážního přípravku pro přírubu				
3.	Do příruby vsadit všechna těsnění a vodící kroužky.				
4.	Přírubu vytáhnout z montážního přípravku a osadit poslední vnější těsnění.				
5.	Přírubu osazenou všemi těsněním a vodícími kroužky dopravit pomocí dopravníku na další pracoviště.				

Montážní návod					
Hl. číslo sestavy	Revize	Pracoviště:		02 A / 04 B	
00-0100-04-52-66	0	Navrhl:		Datum:	
		Schválil:		Datum:	
Pořadí	Popis jednotlivých montážních úkonů				
1.	Vzít válec z palety				
2.	Válec umístit do montážního přípravku.				
3.	Na válec přišroubovat držáky (2ks).				
4.	Do držáku přišroubovat kolíky a shora dlouhými šrouby přišroubovat závěsný držák.				
5.	Válec přesunout do montážního přípravku hydraulického válce.				

Montážní návod

Hl. číslo sestavy	Revize	Pracoviště:		02 A / 04 B	
00-0100-06-80-76	0	Navrhl:		Datum:	
		Schválil:		Datum:	
Pořadí	Popis jednotlivých montážních úkonů				
1.	Vzít válec a umístit ho do montážního přípravku hydraulického válce.				
2.	Vzít píst, nanést na něj olej a umístit ho do hydraulického válce				
3.	Vzít přírubu, nanést na ni olej a umístit ji opatrně do hydraulického válce.				
4.	Přírubu a válec sešroubovat dohromady. Použít k tomu nářadí s regulací utahovacího momentu a dotáhnout na předepsanou hodnotu uvedenou na výkresové dokumentaci.				
5.	Nakonec zasunout píst a přišroubovat speciální transportní plech (červená barva) proti svévolnému vysunutí během transportu.				